MEMORIAL DE INGENIEROS.

MEMORIAL
DE INGENIEROS.

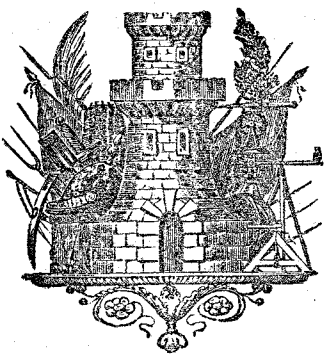
MEMORIAS, ARTICULOS Y NOTICIAS

INTERESANTES AL ARTE DE LA GUERRA EN GENERAL

Y A LA PROFESION DEL INGENIERO EN PARTICULAR.

AÑO DE 1869.

TOMO XXIV.



MADRID.
Imprenta del Memorial de Ingenieros.

1869.

INDICE

de las obras sueltas y artículos de Miscelánea que comprenden los números del Memorial de Ingenieros publicados en el año de 1869.

OBRAS SUELTAS.

ARROQUIA. *Tratado sobre las escalas gráficas en general y sus aplicaciones al dibujo geométrico, por el Coronel de Ingenieros D. Angel Rodriguez de Quijano y Arroquia.—Primera y segunda parte: consta de 336 páginas y 29 láminas.*—(Se continuará).

IBAÑEZ. *Nuevo aparato de medir bases geodésicas, por D. Cárlos Ibañez é Ibañez, Coronel del Cuerpo de Ingenieros; de la Academia de Ciencias: consta de 177 páginas y 3 láminas.*

CERERO.—*Noticia sobre la ineficacia de los medios ordinarios de ventilacion que se emplean en los almacenes de pólvora á prueba, aplicados á los tiempos de paz como consecuencia de lo observado en el que se construyó en Cádiz en 1862; por el Teniente Coronel graduado D. Rafael Cerero y Saenz, Comandante de Infantería, Capitan de Ingenieros: consta de 16 páginas y 1 lámina.*

LAFUENTE.—*Esperiencias de tiro en el campo de Maguncia, publicadas en el* Memorial de Ingenieros *austriaco de 1868, por el Capitan Guillermo Rössler, traduccion por el Teniente Don José de Lafuente: consta de 58 páginas y 3 láminas.*

Coleccion de circulares y demás disposiciones emanadas del Consejo de redencion y enganches del servicio militar: consta de 48 páginas, ó sea desde la 135 á la 180.—(Se continuará).

MISCELANEA.

Páginas.

Espedientes despachados por la Junta superior Facultativa del Cuerpo en 1868. 3

Bibliografía.—Carpintería de lo blanco. 7

Revista de la prensa militar estranjera. 12

Orden de 4 *de Noviembre de* 1868, *facultando á los Capitanes generales para conceder licencias temporales.* . 15

Id. de 28 *de Enero de* 1869, *concediendo el servicio de asistentes á los Jefes y Oficiales de Ingenieros.* 16

Simulacro de sitio en Coblentza en 1868. 17

Sobre el fusil Vetterli. 25

Organizacion del ejército federal del Norte de Alemania en 1868. 33

Campamento de Toiano en Italia. 37

Bajas ocurridas en la campaña de 1866 *en los ejércitos prusiano y austriaco.* 41

La azada de infantería. 48

Sobre atrincheramientos del campo de batalla. 50

Estado del armamento de los ejércitos de Europa en 1868. 57

El fusil Martini-Henry: con 1 *lámina.* 63

Reorganizacion de la Infantería en Austria. 71

Decreto de 31 *de Diciembre de* 1868 *sobre unificacion de fueros.* 77

Orden de 18 *de Marzo de* 1869, *disponiendo que las vacantes de Capitan en el batallon de Ingenieros de la isla de Cuba se cubran con Oficiales del Cuerpo.* 80

Orden de 10 *de Abril, resolviendo que el cargo de Vicepresidente de la Junta superior Facultativa del Cuerpo sea desempeñado por un Mariscal de Campo, y la Direccion de Andalucía por un Brigadier.* 80

Decreto de 17 *de id., suprimiendo los fueros especiales de Artillería é Ingenieros.* 81

Páginas.

Orden de 27 de Abril, reformando el uniforme del Cuerpo: con una lámina. 83
Id. de 20 de id., reformando la plantilla del personal del Cuerpo. 89
Id. de 10 de Mayo, autorizando el uso de levita abierta, chaleco y gorra á los Jefes y Oficiales. 91
Id. de 20 de id., fijando varias reglas para la declaracion de supernumerarios y su regreso al Cuerpo. 91
Relaciones que manifiestan el resultado del 1.º al 4.º sorteo periódico de libros é instrumentos, correspondientes al año de 1868. . . . . . 94 *á* 97
Bibliografía.—Ferro-carriles económicos. 98
Pararayos. 99
Ametralladora belga: con una lámina. 118
Aparato magneto-eléctrico para la inflamacion de hornillos de mina y torpedos. 130
Orden de 21 de Julio, facultando á los Generales y Brigadieres de Ingenieros para usar la casaca del Cuerpo en los dias de gala. 136

ESCALAS GRAFICAS.

TRATADO

SOBRE LAS

ESCALAS GRÁFICAS EN GENERAL

Y SUS APLICACIONES

AL

DIBUJO GEOMÉTRICO,

por el Coronel de Ingenieros

D. ANGEL RODRIGUEZ DE QUIJANO Y ARROQUIA.

MADRID.

IMPRENTA DEL MEMORIAL DE INGENIEROS.

1869.

Paulo minora canamus.

(Ocupémonos de nimiedades.)

DIVISION GENERAL.

PRIMERA PARTE.

ESCALAS DE PROPORCION.

SEGUNDA PARTE.

ESCALAS DE PERSPECTIVA. ESCALAS DE SOMBRAS.

TERCERA PARTE.

ESCALAS DE PROYECCION.

PRÓLOGO.

A veces es preciso decir algo al ofrecer un escrito.

Creemos, al presente, hallarnos en este caso, y vamos por lo tanto á hacer algunas indicaciones que den á conocer el objeto que nos hemos propuesto al tratar de asuntos tan triviales.

Un dibujo, á cualquier género á que pertenezca, no es más, hablando en general, que una descripcion sobre un

asunto determinado, hecha con el auxilio de las líneas por medio de simples imágenes.

Sólo cumple, sin embargo, á nuestro propósito, ocuparnos de los dibujos geométricos que se hallan esencialmente comprendidos en el caso de símbolos gráficos, los cuales poco ó nada dicen á la vista, pero que aparecen claros y esplícitos para el que ha aprendido á descifrarlos.

Trátase, pues, de una escritura, si bien especial en su género y de la manera de leerla, comprendiendo por lo tanto dos partes el problema; la eleccion de los símbolos más sencillos que han de equivaler á las letras y el conocimiento de las claves que ayudan á traducir los conceptos simbólicamente espresados.

La primera de estas dos partes, exige indudablemente ciertos conocimientos, como los supone el redactar un escrito; pero la segunda pertenece á la generalidad, puesto que sólo se refiere al modo especial de lectura.

Sabido es que la *clave* para descifrar estas imágenes ó combinaciones de líneas consiste en las *escalas*.

Por esto hemos titulado *escalas gráficas* este trabajo; al aplicarlas y al esponer simplificadas las teorías que tienen relacion con el epígrafe, hemos creido hacer un servicio, por lo mismo que la trivialidad del asunto ha impedido que los hombres de ciertos estudios hayan dedicado formalmente una parte de su tiempo á la esposicion de estas materias, siendo muy escasos los escritos que á ellas

se refieren, hallándose diseminados y tratados sumariamente y como por incidencia al ocuparse de asuntos más importantes.

La simplificacion teórica de los símbolos como hemos indicado, no es asunto indiferente: las ciencias progresan, esto es indudable; pero no tanto como es necesario al comercio de libros, cuyo interés consiste en la renovacion contínua de textos, y en hacer aparecer las teorías como diferentes, aun cuando en realidad sólo se llegue á vestirlas de una manera distinta, ó más bien á disfrazarlas con gran perjuicio del que trata de conocerlas.

No exageramos en esta parte; la enseñanza estriba en comunicar ideas á quien no las tiene, y para esto es indispensable encadenarlas sintéticamente, esto es, procediendo desde las simples y comunes hasta llegar á las compuestas, haciendo el todo comprensible; pero lejos de esto, los métodos puramente analíticos han predominado en estos últimos tiempos con tanta exageracion, que indudablemente se ha conseguido presentar las ciencias con un lujo tal que deslumbra; pero á la vez se han oscurecido de manera, que haciendo los libros inútiles para aprender al que no sabe, sólo pueden servir al que realmente ya no los necesita.

No se crea, sin embargo, que al hablar así, tan en general, nos proponemos poner un correctivo á éste que no dudamos en calificar de grave abuso para la enseñanza; nos basta este principio y hacer sentir su importancia aun

cuando sólo sea con respecto á los insignificantes asuntos de que vamos á ocuparnos.

Nos proponémos, pues, únicamente, tratar de las escalas que en general podemos llamar de *proporcion*, de las de *perspectiva*, de las de intensidad de *sombras* y de las que denominarémos de *proyeccion* por referirse á la confeccion de los mapas; pero aun esto, sólo con respecto á la parte más útil, que es la que comprende la manera más breve y sencilla de establecer los dibujos y facilitar los medios de entenderlos y descifrarlos.

Con respecto al primer grupo ó sean las escalas de proporcion, lo hemos dividido en diferentes secciones, cuya relacion, diferencias, usos y composicion espondrémos brevemente.

Tratarémos de las escalas de perspectiva, y de las de intensidad de sombras ó sean diapasones de tintas, con especialidad en lo que estas teorías se relacionan con los planos topográficos y los geométricos de distintas especies, que constituyen la parte de ciencia lineal propia del ingeniero.

Ultimamente, al esponer cuanto se refiere á las escalas que hemos llamado de proyeccion, nos proponémos vulgarizar, por decirlo así, los principios generales en que se funda la confeccion geométrica de los mapas, facilitando así su pronta y exacta inteligencia.

En la esposicion que hacemos relativa al primer grupo se notará, que optamos por las escalas de proporcion sim-

plemente decimales, entre otras razones porque así se facilita la comparacion de las magnitudes en todos los planos, cualquiera que sea la unidad de medida con que se hayan establecido, con tal que á esta se la considere dividida, segun el sistema décuplo de numeracion generalmente admitido, ventaja que subsistirá durante las várias generaciones que han de pasar antes de que sean una realidad para el comun de las gentes, las disposiciones oficiales que tienden á uniformar universalmente los diversos sistemas actuales de medidas, proporcionando así una manera de enlace, un puente de tránsito que evite el salto que envuelve en sí esta radical reforma. Por esta misma razon, al dividir en secciones este grupo no hemos vacilado tampoco en proponer la adopcion en abstracto de aquellas denominaciones para las escalas, que guardan una relacion esplícita y exacta con las medidas á que en España estamos generalmente acostumbrados.

En lo relativo á la perspectiva y á las sombras avanzaremos algunas observaciones. Todos conocemos esos abultados y costosos atlas, que con el pretesto de desarrollar dichos conocimientos ha introducido el comercio de libros como útiles á la enseñanza. Nada más perjudicial, sin embargo, en nuestro concepto, que revestir de tanto aparato teorías en sí tan sencillas, y cuya parte útil puede ser estudiada sin fatiga y en brevísimo tiempo hasta en las más íntimas relaciones con su objeto; así es que hemos procurado la mayor simplificacion en la esposicion de estas doc-

trinas, eligiendo el sistema de planos acotados, en vez de emplear para desenvolverlas el complicado de proyecciones hortogonales.

Una vez espuesta la teoría general, hemos considerado la perspectiva en su parte más útil, cual es la determinacion de las escalas que pueden establecerse en todo cuadro como derivadas de las generales, proporcionando con facilidad los medios de pasar indistintamente del plano acotado á la perspectiva y de esta á restablecer el plano. Como aplicacion hemos destinado tambien una parte á la perspectiva real de una batalla determinada por su plano, y como ampliacion nos ha parecido oportuno y conducente entrar en algunas esplicaciones sobre el problema inverso de deducir directamente el plano á partir de los datos que sumnistra una perspectiva, ya que en la actualidad esto es asequible valiéndose de las vistas fotográficas.

Siguiendo tambien el mismo sistema, para esponer la teoría de las sombras, se llega á resultados de simplificacion sumamente satisfactorios. Establecemos con la misma idea y como esclusivo, el empleo de la luz perpendicular al plano del dibujo para toda clase de trabajos gráficos, esponiendo las razones en que se funda la conveniencia de este método, y hasta la necesidad absoluta de proceder de esta manera uniforme en todo dibujo geométrico. Tambien forma una seccion aparte la aplicacion de la luz á la topografía, ó sea la formacion y organismo de los diapasones de tintas, que se emplean principalmente y son necesarios

para que salgan iguales y puedan unirse entre sí y formar conjunto uniforme, las diferentes partes de un mismo trabajo, ejecutadas por manos diferentes.

Finalmente al tratar de las escalas de proyeccion, empezamos esponiendo la pequeña parte de cosmografía que es indispensable para definir y formar idea clara de la clase de líneas que entran en combinacion para el establecimiento de un mapa, teniendo presente que no todos estos conocimientos son familiares á los que tienen que consultarlos. Al tratar sobre las dimensiones de la tierra, nos hemos permitido una digresion sobre medidas longitudinales que hemos creido útil y de interés pátrio, envolviendo la confirmacion de varios asertos simplemente espuestos en la primera parte de este tratado. Siguen ciertas consideraciones generales sobre la concurrencia mútua y precisa de las ciencias físicas y naturales con las ciencias matemáticas para determinar y detallar los mapas geográficos, y terminamos esponiendo todos los métodos de proyeccion gráfica empleados, desnudos de cálculo y aparato, presentando una clasificacion razonada de los mapas segun la índole de los diferentes usos y servicios á que están destinados.

Tal es en resúmen el trabajo que ofrecemos, insignificante en sí, pero no exento de interés en razon de la economía de tiempo que puede proporcionar á los que necesiten ocuparse alguna vez de estas minuciosidades.

Escusado parece advertir que no tenemos la pretension

de haber inventado nada, ni era fácil, puesto que es de investigaciones geométricas de lo que se trata. Nos hemos propuesto, como se vé, construir tomando los materiales adecuados donde los hemos encontrado, relabrando y amoldando los que por su magnitud ó su forma no eran desde luego adaptables. Con tales precedentes ha de resultar necesariamente un tratado no del género de los que se escriben sino de los que se componen, sin dejar por esto de tener su importancia.

Esta salvedad general, nos dispensa de hacer citas reiteradas; diremos, sin embargo, que nos hemos valido principalmente de los escritos del insigne Ingeniero D. Pedro de Lucuce y de los de D. Benito Bails entre los antiguos y de muchos modernos estranjeros, como puede comprobarse examinando los escritos alemanes de Lheman y otros posteriores, las memorias, artículos y notas del Memorial del Depósito de la Guerra Francés, el de Ingenieros, los Anales de Puentes y Calzadas, y tantas otras publicaciones que se relacionan con el particular, ya impresas ya litografiadas, como las notables lecciones de Mr. Bardin sobre la representacion de los cuerpos.

Solo pues pretendemos sea de alguna utilidad material la esposicion, bajo un cuerpo de doctrina, de nuestras sencillas investigaciones.

PRIMERA PARTE.

ESCALAS DE PROPORCION.

CUADRO DE LA PRIMERA PARTE.

INTRODUCCION.

1.°—ESCALAS DE PROPORCION DIVIDIDAS EN PARTES IGUALES.

Idea general.
Escalas antiguas de ordenanza.
Escalas reglamentarias.
Escalas métricas.
Observaciones.
Escalas decimales.
Eleccion de escalas.
Propuesta general de escalas.
Empleo simultáneo de diferentes escalas.
Escalas de pendiente.
Escalas circulares.
Escalas dobles combinadas.

2.°—SOBRE LAS ESCALAS DIVIDIDAS EN PARTES DESIGUALES.

Escalas particulares de curvatura.
Consideraciones.
Escalas generales de curvatura.
Aplicacion á las superficies irregulares.

3.°—SOBRE LAS ESCALAS ESPECIALES.

Escalas trigonométricas.
Escalas logarítmicas.
Escalas de arquitectura.
Escalas de superficies y volúmenes.

INTRODUCCION.

El aserto hecho en el Prólogo de ser las medidas longitudinales de Castilla las más conocidas entre nosotros, siendo dignas de que se conserven en lo posible sus mútuas relaciones, merece alguna esplicacion.

Generalmente se cree que las medidas elementales, el pie y la vara de Búrgos, y la legua y sus múltiplos en grados terrestres, y sus divisiones en millas y cuartos de legua

ó de hora, son cosas inconexas y arbitrarias, cuyas escasas relaciones nada importa destruir, siendo hasta ventajoso el reemplazarlas por otro sistema cualquiera; pero no sólo no somos de este parecer tan absoluto, sino que creemos que es altamente conveniente conservar todas las relaciones posibles entre las medidas antiguas y las nuevas, y no precisamente por facilitar la comparacion entre ellas, sino porque tal como existian entre nosotros las medidas de longitud antes de establecerse el sistema métrico, formaban un conjunto tan sencillo, tan práctico y relacionado, que, segun él, continuaremos traduciendo por mucho tiempo para presentar claramente á nuestra imaginacion cuanto se refiera á magnitudes de tiempo y de distancia.

Nótese, sin embargo, que lo que decimos sólo se dirige á conservar las relaciones lineales existentes y no contra la clase de unidad métrica adoptada, ni contra el principio de unificacion universal de pesos y medidas, pues como escribia Bails en su *Geometría práctica* de 1788, «pensar lo contrario sería lo mismo que tener por útil al género humano la multiplicidad de lenguas,» si bien se trasluce en todo nuestro escrito que hubiéramos preferido para llegar á este grande objeto, uniformar preliminarmente nuestras medidas nacionales, continuando la obra emprendida desde hace tantos siglos, con la energía á que se presta nuestra organizacion social y administrativa moderna, partiendo de la base del pie de Castilla, dividido en décimas, centésimas y milésimas, segun han hecho últimamente otras

naciones con sus unidades de medida respectivas, y estaba ya puesto en práctica en nuestro Cuerpo.

Aun cuando los datos que vamos á esponer, estractados de los muchos que comprende la *Disertacion sobre medidas* del General Lucuce impresa en 1773, sólo aparezcan como una curiosidad en el estado actual de las cosas, nos vamos á permitir consignarlos, puesto que están reunidos, siquiera sea como documentos históricos que envuelven en cierto modo la base de la opinion que sobre el particular hemos emitido, abonando la razon de conservar en lo posible las relaciones de que hemos hablado, enlazando como consecuencia los motivos que nos han impulsado á proponer las denominaciones especiales, ó sean relaciones con la unidad abstracta, del sistema de escalas de proporcion que presentarémos, como el más ventajoso en nuestro concepto, por si se creyese oportuno adoptarlo.

La primera noticia que tenemos relativa á las medidas de longitud españolas proviene de San Isidoro, quien en sus libros de los orígenes ó etimologías trató de las ciencias, artes, usos y curiosidades humanas, segun lo que se hablaba, se sabia y se acostumbraba en España en el siglo VII.

Del contexto de los escritos citados aparece que en aquellos tiempos, á pesar de las irrupciones de los *Bárbaros*, se conservaban los pesos, medidas y costumbres de los romanos sin alteracion considerable.

En el libro quince capítulo quince de los orígenes se lee con respecto á medidas que «El dedo es la menor de las medidas, la pulgada tiene dedo y un tercio, el palmo cuatro, el pie diez y seis dedos ó doce pulgadas; el paso cinco pies y la pértica dos pasos, esto es, diez pies.»

En el capítulo diez y seis se dice: «Nosotros llamamos *Millarios* á las medidas de los caminos. El millario es de mil pasos como si se digera *mille adio* y contiene cinco mil pies.»

Entendiendo, pues, por millario el cuarto de legua á lo cual nada se opone, y observando que el pie de Castilla es poco diferente del romano, resulta la legua de 20.000 pies, y en definitiva vendremos á deducir que en el fondo y fuera de modificaciones transitorias ó de detall, hemos conservado en España las mismas medidas, con idéntica subdivision desde hace mil doscientos años, ó sea tratándose de épocas, hasta el establecimiento del sistema métrico y la adopcion del kilómetro.

Este aserto se comprueba con multitud de documentos históricos.

A partir del siglo VII referido, en el llamado *Fuero viejo de Búrgos*, dado por el Conde D. Sancho el año 1000, se habla como cosa corriente de la pértiga.

En el reinado de D. Alfonso X, llamado el *Sábio*, y año de 1261, aparece oficialmente por primera vez, que sepamos, la denominacion de *Vara* con ocasion de la unificacion de medidas decretada en Sevilla á 21 de Marzo,

remitiéndose un patron á Toledo, por cuya razon se llamó *vara toledana* para distinguirla, segun se espresa, de la castellana de Búrgos, la que por lo tanto existia ya anteriormente.

De la lucha de privilegios de estas épocas entre las ciudades y villas nacieron ciertas fluctuaciones.

En las Córtes celebradas en Segóvia á 9 de Junio de 1347, el Rey D. Alfonso XI dispuso un ordenamiento sobre *pesos* y *medidas* y en él mandó «que el paño, lienzo y demás cosas que se midieren á varas, se vendan por la vara castellana.»

Don Enrique II su hijo, en las Córtes de Toro, año 1369, confirmó todo lo dispuesto por su padre en órden á pesos y medidas y por consiguiente quedó por medida general la vara castellana.

La misma ciudad de Toledo, junta en su Ayuntamiento, por su ordenanza de 1400 reconoce que en aquella ciudad siempre tuvo uso la vara castellana, si bien se vendian tambien ciertas cosas por la de Toledo.

Entre las muchas providencias dadas en el largo reinado de Felipe II es notable la pragmática despachada en el Escorial á 24 de Junio de 1568 en la cual se declaró «que la vara castellana, que se ha de usar en todos estos reinos, sea la que hay y tiene la ciudad de Búrgos y que para este efecto las ciudades y villas cabezas de partido hagan traer el padron ó marco de la vara de la ciudad de Búrgos, el cual guarden y por él se dén, y marquen las varas que se gastaren en aquel partido.»

En consecuencia de esta Ley, la ciudad de Toledo abandonó del todo su vara y envió á Búrgos por el marco mandado nuevamente observar y del que se ha servido constantemente, conservando solo para memoria el de D. Alonso el Sábio, aunque sin uso alguno. Este marco de vara toledana, igual al que D. Jaime el Conquistador dió en 1239 á la ciudad de Valencia, es algo mayor que el castellano, puesto que de la comparacion solemne hecha en 28 de Enero de 1758, resulta que el pie toledano comprendia un pie y una pulgada del de Castilla, de donde resulta, que trece varas de Búrgos ó castellanas se ajustan á doce toledanas ó valencianas.

En el reinado de Felipe V apareció la Toesa por primera vez en España.

En las nuevas Ordenanzas dadas al Cuerpo de Ingenieros en 4 de Julio de 1718, se previene, «que para las medidas se valgan de las toesas y pies de Francia, para que siendo generales y comunes en España, se obvien las dudas y confusiones que ocasionan las medidas particulares de cada provincia.» La razon es bastante especiosa para motivar la introducicon de la toesa, pues bien se ve que era más natural para obtener uniformidad y allanar las diferencias, el mandar que en todas partes y para todos los usos se sirviesen de la vara castellana, prosiguiendo la obra emprendida tan de antiguo.

Así es que en el reinado de Fernando VI se nota un decidido retroceso al sistema antiguo.

Por Real órden de 14 de Febrero de 1751 mandó, «que notándose diferencia entre los marcos de la vara castellana, de Búrgos, Avila y Madrid, se remita á la Junta de Comercio esta novedad para que esponga la causa de no observarse en Castilla una misma medida y cuál de ellas era la que por Leyes debia seguirse, como legítima vara castellana.»

El Marqués de la Ensenada participó la Real resolucion de 22 de Julio de 1752 al Ingeniero General D. Juan Martin Zermeño al tenor siguiente:

«Habiendo resuelto S. M. que en las dependencias de Guerra y Marina se sirvan en adelante de la vara castellana del marco de Búrgos, dividido en piés, pulgadas y líneas, en lugar de la toesa y pie de Rey que ha estado en uso, se remiten á los intendentes de las provincias y á los tres departamentos de Marina los correspondientes marcos iguales al referido de Búrgos, para que conservándose en las Contadurías principales, y ejecutándose por ellos con toda precision las espresadas varas castellanas, se ponga en práctica con la advertencia, que siendo segun el cotejo (1) que con prolijo cuidado ha mandado hacer S. M. la correspondencia del pie de Castilla con el de Rey como 2000 á 2333, esto es, que la toesa ó seis pies de Rey hacen con

(1) Este cotejo lo efectuó D. Jorge Juan, comparando el marco de París con el de Búrgos despues de su espedicion al Perú para medir un grado del meridiano terrrestre próximo al Ecuador, en el valle de Quito, que se halló ser de 56.767 toesas, que corresponpen á 132.458 varas y un pie castellano.

insensible diferencia siete pies ó dos varas y tercia de Castilla, se arreglen en la práctica á esta proporcion las reducciones de unas medidas á otras en los casos que se ofrezcan, y pasándose tambien avisos á los Capitanes y Comandantes generales de las provincias, para que por su parte concurran al cumplimiento: lo participo á V. S. de órden de S. M., á fin de que en su inteligencia lo comunique á los Ingenieros Directores en las mismas provincias para su observancia, así en las Reales obras y demás encargos de su ministerio, como en la enseñanza de las matemáticas en las Academias Militares.»

Sabido es que la division de esta vara del marco de Búrgos es en mitades á medias varas, ó en pies ó tercias y estos en pulgadas, líneas y puntos, conteniendo cada pie doce pulgadas, una de éstas doce líneas y la línea doce puntos, siendo el total de 5184 puntos. Tambien se subdivide en palmos ó cuartas, cada palmo en doce dedos, cada dedo en nueve líneas y cada línea en doce puntos, dando igualmente en conjunto los 5184 puntos referidos.

Pero en Real órden de 9 de Julio de 1760, espedida en carta por D. Ricardo Wall y comunicada á la Academia de Ingenieros en 20 del mismo por el Marqués de la Mina, se previene nuevamente que en lugar de la vara de Castilla, se use en las dependencias de Guerra, de la toesa dividida en pies de Rey, pulgadas y líneas, quedando sólo adoptable la vara para edificios y cosas civiles, que en nada tengan conexion con las que sean militares.

El poco fundamento de esta disposicion, ha hecho que vayan paulatinamente desapareciendo sus consecuencias, conservándose sólo á mediados de este siglo el pie de Rey para la marca de los reclutas que, como sabemos, era de cinco de estos piés y una pulgada, prevaleciendo en todos los servicios el uso de la vara de Castilla y sus divisiones y olvidándose la toesa, de la cual, á pesar de todo, nunca ha habido marco oficial en España.

Así han continuado las cosas volviendo á su antiguo cauce á pesar de estas fluctuaciones, hasta que por la Ley de 19 de Julio de 1849 se determinó la adopcion para todos los dominios españoles del sistema métrico francés de pesos y medidas.

Establezcamos nuevos precedentes.

Los romanos contaban, como hemos visto, por *millarios* las distancias itinerarias. Este se determinó por el intervalo de mil pasos de á cinco pies, entre cada dos columnas de piedra, distribuidas por todas las vías militares en tiempo de Cayo Graco, 123 años antes del nacimiento de Cristo: despues el Emperador Augusto encomendó á los Cónsules Marco Apuleyo y Publio Silio el cuidado de los caminos y mandó poner en la plaza de Roma, junto al templo de Saturno, una columna dorada llamada por esto el millar de oro, que señalaba el principio de todas las vías militares.

Ya hemos visto que en el siglo VII seguia entre nosotros la misma costumbre.

En el llamado *Fuero viejo de Búrgos*, que data del año 1000, no se hace aun mencion de la voz legua entre las medidas de los caminos, sino que éstas se contaban todavía por millas, siendo una jornada regular, de treinta millas.

La Ley *Si quis fugitivum*, dice:

«Si algun ome falla siervo ageno fuido ó le prende fuyendo fasta treinta millas de aquel logar, de onde fuyó, aquel que lo prendió debe aver la tercia parte de un maravedí; é por cien millas debe aver un maravedí, é segun esto, cuanto mas fueren las millas, tantos mas dineros debe aver.»

En las Leyes de Partida se halla ya el nombre de *millas* mudado en *mijeros*, y se habla de la *legua*, denominacion que procede de la voz céltica *Leuca*, usada para espresar distancias itinerarias desde la más remota antigüedad.

En la Ley tres, título diez y seis, partida dos, se dice: «Otro sí: mandaron que si un ome honrado matase á otro á tres mijeros en derredor del lugar do el Rey fuese, que es una legua, que muriese por ello.»

En la Ley cincuenta y dos, título veintiseis, hablando del modo de repartir los despojos habidos en la guerra entre los que van primero á un asalto y los que vienen despues, se dice: «E por ende pusieron así, que los que ante fuesen alcanzando, tornasen la cabeza en pos de sí tres

vegadas, é cuantos viesen que venian cerca de ellos, cuanto fasta una legua, que son tres mil pasos, que estos oviesen parte en la ganancia, y con ellos, luego que el fecho fuese acabado.»

La Ley cuarta, título trece, partida primera, al tratar de los cementerios que debe haber en las iglesias, estableciendo que los designe el Obispo en las catedrales y conventos de cuarenta *pasadas* y en las parroquiales de treinta, concluye: «E porque algunos dudaban en como se deben medir los pasos para amojonar el cementerio, depártelo la Santa Iglesia de esta manera, que la *pasada* haya cinco pies y en el pie diez y seis dedos.»

Pasemos á otro género de datos.

Alonso de Palencia, que escribió en 1490 su universal *Compendio de vocablos*, dice así: «Leuca, que los españoles dicen legua, algunos quieren haya en ella tres millas y otros cuatro millas. Los Juristas eran de la opinion que la legua española tenia 3000 pasos y los demás autores 4000.»

Florian de Ocampo se esplicó de esta manera: «Son estas leguas sobredichas una cierta distancia llamada de este modo, que los españoles usan en sus caminos, poniendo por cada legua 4000 pasos tendidos y por cada cual de estos pasos cinco pies de los comunes; de suerte que cada legua tenga 20.000 piés.»

En 1543, Juan Ginés de Sepúlveda, en sus cartas al

príncipe D. Felipe, afirmó que la legua española constaba de 4000 pasos.

Gerónimo Giraba, en su *Cosmografía*, dice tambien que la legua consta de 4000 pasos.

Lo mismo dice D. Francisco Fernandez de Córdova en su *Didascalia*, capítulo 44, añadiendo que los 4000 pasos son 6666 varas, las que sin duda son del marco de Búrgos, que en su tiempo era medida general.

Pedro Esquivel, segun afirma Morales, dió por sentado que la legua comun española era de cuatro millas ó 4000 pasos, ó 20.000 piés, ó 6666 varas y dos piés, y en este concepto halló las 40 millas ó 40.000 pasos en el camino de Mérida á Salamanca, en el que el año 1773 aun se contaban 10 leguas, segun el Ingeniero D. Pedro de Lucuce.

Andrés Rosendo, en su *Tratado de antigüedades Lusitanas*, en el capitulo de *viis Militarivus*, asegura, « que en el camino desde Lisboa á Mérida se cuentan 53 leguas que hacen 212.000 pasos; los cuales, partidos por 53, dan cuatro millas por legua de 20.000 piés.»

El Maestro Ambrosio de Morales, que escribió su *Discurso general de las antigüedades* en 1572, dice así: «Las leguas legales de que usa el Consejo Real en todo lo que es necesario medir de pleitos, términos y otras cosas, son menores que éstas (esto es, las comunes) que hemos dicho, pues no tienen más que 5000 varas, que son 15.000 pies ó 3000 pasos de los ya dichos. Así sale al justo cada legua con no más que tres millas de las antiguas.»

El mismo Ambrosio de Morales dice en su *Discurso* citado, tomo segundo, fólio treinta y dos: «Nosotros los españoles, como todos lo entienden, y Budeo tambien lo notó, hacemos la legua mayor, pues le damos cuatro millas que son treinta y dos estadios, cuatro mil pasos ó veinte mil pies.»

En la pragmática de Felipe II de 8 de Enero de 1587, se dice: «Por lo cual ordenamos y mandamos, que cualesquiera Leyes y pragmáticas, cédulas y provisiones nuestras, de cualquier calidad que sean, que hablan y hacen mencion de leguas y hablasen de aquí adelante, se hayan de entender y entiendan de leguas comunes y vulgares y no de las que llaman legales; y así se haya de juzgar y juzgue por los de nuestro Consejo, Presidentes y Oidores de las nuestras Audiencias y Chancillerías y por todas las nuestras justicias en los pleitos que de aquí adelante se movieren, y en los que al presente hay pendientes y no estuviesen fenecidos, so pena de nuestra merced y de 50.000 maravedis para nuestra Cámara.»

Sólo D. Jorge Juan en sus *Observaciones astronómicas y físicas*, libro sétimo, siguiendo el parecer del Bachiller Juan Perez de Moya, que escribió en 1573 antes de la pragmática de Felipe II, que derogó, como hemos visto, la legua legal, y el de Céspedes, que en 1606 se refirió á la antigua lengua jurídica, dice con poco fundamento, como se ve, que «la legua española es de 5000 varas, que hacen 15.000 pies.»

De lo espuesto, se sigue que la generalidad de nuestros escritores convienen en que la legua comun es de cuatro millas ó 20.000 piés, si bien se han notado tendencias á dividirla tambien en tres partes, cosa en sí muy conveniente, si estas partes no se hubiesen entendido precisamente por millas de 5000 piés, sino de la tercera parte de los 20.000 del conjunto de la legua comunmente admitida, como lo ha practicado en sus cómputos la Marina.

Otra prueba de la division y magnitud real y efectiva de la legua, está en la tradicion y comun modo de hablar de las gentes, pues todo el mundo entiende las partes de la legua por el cuarto, media y los tres cuartos, y nadie dice un tercio de legua ó un sesto, etc., al mismo tiempo que es usual el lenguaje de un cuarto de hora, media, tres cuartos, una hora de distancia, siendo de unos 20.000 pies lo que se puede andar buenamente en este tiempo.

Los asertos y citas precedentes, son más interesantes de lo que á primera vista aparece.

De lo que llevamos escrito sobre medidas de longitud, resulta en efecto la consecuencia que esperamos no ver rechazada, y es que independientemente de los progresos que el sistema métrico haya hecho en los últimos tiempos, la vara de Castilla y sus divisiones son más universalmente conocidas en España y sus dominios, y por lo tanto, que durante mucho tiempo no sólo es conveniente sino necesario para ayudar á la obra de unificacion y de fundir y amal-

gamar las ideas, el establecer los servicios y proceder en la práctica de manera que se guarden, faciliten y conserven el mayor número posible de relaciones entre las antiguas medidas de longitud y las modernas.

Ultimas observaciones.

Del cotejo verificado en 1752 de órden de Fernando VI, entre el pie de Búrgos y el de Rey, resultó entre ambas medidas la relacion de 2000 á 2333 como ya hemos visto, ó la de 6 : 7 próximamente.

La relacion entre el metro y la toesa, es como 1000 : 1949, y como este último número vale sensiblemente siete pies de Búrgos, resulta el valor de éste de 0,278428; pero no despreciando nada y teniendo presentes ciertas correcciones, este mismo número se convierte en 0,278636 que es el verdadero valor del pie de Búrgos en partes del metro, calculado á principios de este siglo por D. Gabriel Ciscar, sin existir, como se ve, más diferencia entre ambas cantidades que la de un quinto de milímetro.

Si observamos que segun los cálculos de Bessel, que se consideran como de los más exactos, establecidos en 1841 bajo el supuesto de un achatamiento terrestre de $\frac{1}{299,15}$, el valor del grado sexagesimal en el Ecuador es de 111.306,6 metros, y dividimos este número por veinte, resultarán 5565,330 metros como valor de la legua de veinte al grado. Este número de metros compone 19.973,54 pies cas-

tellanos, ó sean 26 pies y medio de diferencia para llegar á los 20.000 pies por legua al tipo de veinte al grado referido, dimension que ha constituido, como hemos visto, desde muy antiguo la verdadera legua española.

Los cálculos de Airy establecidos en 1849 son poco diferentes; pero las investigaciones de James en 1865, producen $\frac{1}{294,36}$ para el achatamiento y 111.321,1 metros para un grado del Ecuador, y por lo tanto 5566,05 para la legua, ó sean 19976 pies, lo cual reduce ya á 24 la diferencia.

Si tenemos en cuenta además que los achatamientos terrestres calculados hasta el presente varian entre $\frac{1}{266}$ y $\frac{1}{334}$, podemos deducir que siendo intermedios los indicados, la espresada diferencia podrá disminuirse notablemente; ó bien aun sin hacer uso de esta consideracion, desapareceria con sólo suponer el pie de Búrgos menor en un tercio de milímetro, cantidad inapreciable con el compás, puesto que para esto seria suficiente el asignarle al pie el valor de 0,2782665 de metro.

Podemos pues establecer que, prácticamente, el grado del Ecuador terrestre vale 20 leguas españolas de 20.000 pies del marco de Búrgos.

Sentado este precedente, y considerando que la milla marina es la tercera parte de esta legua (1), se deduce tam-

---

(1) *Indagacion y reflexiones sobre la Geografía* por el Teniente Coronel D. Manuel de Aguirre.—Madrid 1782.—Obra notable por su marcada analogía con la afamada *Introduccion á la Geografía física* de Lacroix, publicada en 1804 y 1811.

bien que segun la graduacion sexagesimal del círculo, en íntima armonía con la subdivision usual del tiempo, entrará una milla en cada minuto de grado y $\frac{1}{60}$ en cada segundo.

Siendo el dia de 24 horas, *cosa indeclinable* sin introducir una perturbacion general, y constando esta de 60 minutos, y estos de 60 segundos, se sigue tambien que á cada hora corresponden 15 grados, á cada minuto de tiempo 15 minutos de grado ó 15 millas, y á cada segundo de aquel 15 segundos de éste último, facilitándose sobre manera la conversion de *grados en distancias y de distancias en tiempo y á la inversa*, en números sencillísimos y de una percepcion pronta y segura con respecto á estas heterogéneas magnitudes.

No seguiremos más adelante: creemos cumplido nuestro propósito de demostrar, que tal série de relaciones no debe perderse; que aun cuando las escalas de proporcion que haya que establecer sean métricas como está ordenado, éstas solo deben sujetarse á este sistema, en cuanto á ser decimal su subdivision, debiéndose adoptar entre nosotros por lo que respecta á sus quebrados de denominacion y á los grupos y séries diferentes en que se dividan, las fracciones abstractas de relacion con la unidad real, que en el lugar correspondiente consignamos como más propias para conservar aquellas relaciones, amalgamando así, en lo tocante á medidas de longitud, el antiguo con el nuevo sistema.

ESCALAS DE PROPORCION

DIVIDIDAS EN PARTES IGUALES.

IDEA GENERAL.

Sentaremos algunos preliminares.

Se entiende en general por *escala de proporcion* de un plano, una corta estension de linea recta dividida en partes, trazada en el mismo papel del dibujo, que sirve de tipo de comparacion, para representar en pequeño ó deducir las dimensiones reales del objeto verdadero á que el dibujo se refiere: de manera, que la escala no es otra cosa, ni tiene otro fin, que espresar gráficamente la relacion que

existe entre las magnitudes reales del objeto que se representa y las que se le atribuyen en el plano como correspondientes.

Se sigue, pues, mirada la cuestion en abstracto, que cualquiera que sea la magnitud de la línea que se tome para escala y de las divisiones resultantes, puede servir de término de comparacion. En efecto, si á la línea arbitrariamente elegida le atribuimos un valor convencional de 10 varas, por ejemplo, y la dividimos en seguida en diez partes iguales, es consiguiente que cada una de ellas representará una vara; si á una de estas partes la dividimos en tres, cada una de ellas valdrá un pie, y si, finalmente; subdividimos estas últimas en otras doce partes iguales, estas espresarán pulgadas. Si suponemos ahora que el objeto que hemos de representar gráficamente, lo tenemos perfectamente medido, y que sus magnitudes verdaderas nos son conocidas en varas, pies y pulgadas usuales, no hay duda de que podemos trazar en el papel, valiéndonos de la escala de relacion establecida, una imágen fiel del objeto, completamente semejante á él, cuyas líneas serán exactamente proporcionales con las correspondientes del mismo, y cuya relacion mútua podremos describir ó verificar por medio del compás siempre que nos sea necesario, habiendo tenido el cuidado de numerar convenientemente las subdivisiones de la escala, espresando además la clase de medida real á que se refiere.

La conveniencia, sin embargo, y las necesidades de la

práctica, limitan mucho la generalidad que hemos dado á la solucion del problema.

Ocurre desde luego que la magnitud de los objetos á representar, puede ser muy grande en uno ó en otro sentido, y desproporcionada al papel ó plano de proyeccion de que se disponga, y en otros casos por el contrario puede ser indispensable, representar exageradamente las magnitudes reales de un objeto para obtenerlas exactamente á pesar de su pequeñez efectiva, en razon de su misma importancia. En el primer caso, será preciso subordinar la magnitud de la escala de relacion á la del papel de que dispongamos para cuadro, y en el segundo, si la pequeñez de las medidas lo exige, tomar como tipo una magnitud lineal múltipla de la que tenga realmente el objeto, de modo que su imágen resulte en el dibujo un número de veces mayor, ó lo que es lo mismo, ampliada.

Otras circunstancias de diversa índole pueden tambien limitar la eleccion de escala: supongamos que nos sea imposible obtener todas las dimensiones de un conjunto de objetos, tal como los comprendidos en una gran estension de terreno, y que nos hallemos en la necesidad de representarla disponiendo solo de las magnitudes generales: claro es que la descripcion gráfica no puede ser detallada, degenerando en un simple estracto en relacion con lo que nos sea conocido, y que en este caso será necesario elegir una escala reducida para espresar la imágen, pues de lo contrario la vista no podria leer rápidamente las re-

laciones del conjunto, embarazada por la misma estension inútil de las líneas; lo mismo sucederia aun cuando todo nos fuese conocido, si sólo fuera conveniente espresar rasgos característicos, sin que sean de utilidad los detalles.

Análogas restricciones tienen efecto cuando se trata de la reduccion de un dibujo ya establecido, ó de su ampliacion, con la mira de que sea la copia un número de veces determinado, múltipla ó submúltipla del mismo.

Ya que hemos hablado de este problema, debemos advertir que en estos casos conviene fijarse bien en lo que se trata de hacer; esto es, si lo que se quiere es reducir un dibujo á ocupar la mitad, la tercera ó cuarta parte del papel ó superficie que abraza el original, de modo que sea la imágen que resulte 2, 3 ó 4 veces menor en superficie que la propuesta, ó bien si lo que se pide es reducirlo á mitad, tercera ó cuarta parte de escala, pues los dos casos son muy diferentes.

El reducir, en efecto, un dibujo á la mitad, tercera ó cuarta parte de escala, es reducir su superficie á otra que sea 4, 9, 16 veces menor; análogomente que el tomar para el mismo escala doble, triple ó cuádruple, seria hacerlo 4, 9, 16 veces mas grande, puesto que sabemos que las superficies aumentan ó disminuyen en la razon del cuadrado de las líneas que las forman, y que al decir á mitad de escala, por ejemplo, se significa que cada unidad de la escala primitiva ha de componer dos de la de reduccion, lo

mismo que se verifica la inversa cuando la escala ha de ser doble.

Si lo que se tratase de hacer fuera el reducir un dibujo á la mitad, tercera ó cuarta parte, ó bien hacer otro 2, 3 ó 4 veces más grande, seria necesario formar una escala para la copia que por sus propiedades produjese el resultado apetecido.

Este problema geométrico es de solucion muy sencilla: sabemos que cualquiera que sea una superficie, podemos reducirla á la de un cuadrado equivalente: si suponemos que la superficie que vamos á disminuir ó á aumentar está reducida á esta figura valuada segun la escala del dibujo, el problema estará reducido á hallar una nueva escala que descomponga en el mismo número de unidades superficiales, otro cuadrado que sea la mitad, tercera ó cuarta parte del primero, ó bien duplo, triplo, cuádruplo en superficie, comparados segun su magnitud absoluta.

El problema estará, pues, enunciado geométricamente en general de la manera siguiente:

Dada una escala, construir otra de modo que las superficies que resulten para los polígonos semejantes construidos con ellas, estén en una relacion dada $M : N$.

Si suponemos que la relacion dada sea de 6 : 3 ó de 1 : $\frac{1}{2}$ haremos la construccion siguiente. (Figura 1.ª)

Sobre una recta indefinida $A\ C$ y á partir de un punto cualquiera D, tomarémos dos magnitudes $A\ D$ y $D\ C$ que tengan entre sí la relacion pedida: tomando la $A\ C$ como

diámetro, describirémos una semicircunferencia de círculo $A\ B\ C$ y por el punto D levantarémos la perpendicular $D\ B$; sobre la línea $A\ B$ tomarémos la magnitud $B\ E$ igual á un cierto número de unidades de la escala dada, y tirando por el punto E la paralela $E\ F$ al diámetro $A\ C$, tendrémos en la magnitud $B\ F$, despues de dividirla en el mismo número de partes que indica la $E\ B$, la escala que buscamos.

Sebemos, en efecto, que $A\ B : B\ C :: B\ E : B\ F$, de donde $\overline{A\ B}^2 : \overline{B\ C}^2 :: \overline{B\ E}^2 : \overline{B\ F}^2$; pero $\overline{A\ B}^2 : \overline{B\ C}^2 :: A\ D : D\ C :: M : N :: 1 : \frac{1}{2}$, luego $\overline{B\ E}^2 : \overline{B\ F}^2 :: M : N :: 1 : \frac{1}{2}$.

Resulta, pues, de lo que antecede, que si bien es posible geométricamente hablando tomar una longitud cualquiera de línea recta, para que sirva de escala al establecer un dibujo, bastando que se hallen sus divisiones en analogía con la medida real empleada para conocer las dimensiones del objeto representado, no por eso es hacedero en la práctica el usar de esta libertad, puesto que desde luego queda restringida por poderosas razones de conveniencia y subordinada á la naturaleza de los dibujos y uso especial á que se los destine.

ESCALAS ANTIGUAS DE ORDENANZA.

Eliminada esta generalidad, se viene naturalmente á parar á la eleccion de una série determinada de escalas

que por sus condiciones se preste prácticamente, lo mejor posible, á las exigencias de los diferentes usos ó servicios.

Lo primero que se ha hecho para proceder en este sentido, es tomar para escala, en vez de una magnitud cualquiera, una parte alícuota de la medida usual, atribuyéndole el valor conveniente á la estension é índole del dibujo que debia producirse.

Si tomamos, por ejemplo, la estension verdadera de un pie para servir de escala, y la dividimos en el número de partes iguales que nos sea necesario para que la magnitud de cada una de estas sea la conveniente al dibujo, atribuyéndole el valor gráfico de un pie efectivo, es consiguiente que podrémos designar por un número fraccionario la relacion de la escala con la unidad verdadera. Si la magnitud espresada de un pie se dividiese en 48 partes, por ejemplo, la escala sería $\frac{1}{48}$ de la magnitud real, lo cual sería lo mismo que decir que el dibujo era 48 veces menor que el objeto, ó bien que cada estension de un pie en el dibujo representaba 48, que cada pulgada efectiva equivalia á 4 pies y cada línea á 4 pulgadas.

Nótase, sin embrrgo, desde luego, que tomando por unidad gráfica el pie como acabamos de hacer, nos vemos obligados á hacer una reduccion especial para hallar el valor que corresponde á cada pulgada efectiva, cual es el dividir por 12 el número de unidades que en la escala se atribuyen á la longitud de un pie, y que esto tendria el inconveniente de producir fracciones, cuando el número re-

ferido no sea un múltiplo de 12, como lo es, en la escala $\frac{1}{48}$ anteriormente presentada como ejemplo.

No caeremos en esta complicacion, sin embargo, si elegimos una fraccion de la unidad real más pequeña que el pie, como, por ejemplo, la pulgada, para que nos sirva de tipo, pues la operacion de dividir anterior que se hacia precisa para retroceder del valor gráfico del pie al de la pulgada, se convertirá entonces en una multiplicacion para pasar á pies, varas, millas, leguas, etc., utilizándose á la vez la ventaja de ser la pulgada de una estension proporcionada al intento, ni muy grande ni pequeña, como sucede con los demás múltiplos y divisores de las medidas usuales.

Sujetando, sin embargo, una série de escalas á la sola condicion de adoptar como unidad gráfica la pulgada sin determinar la manera de subdivirla, se cae en el grave inconveniente de complicar estraordinariamente las denominaciones por quedar estas al arbitrio del que emplee las escalas; á la vez que el sujetarlas á denominaciones determinadas, siguiendo por ejemplo, la progresion décupla numeral, envuelve en sí la eliminacion de toda escala intermedia.

El combinar ambas condiciones no puede conseguirse; es preciso obtar ó por restringir el número de las escalas, si la division ha de ser décupla, manteniendo esplícita la pulgada como unidad gráfica, ó prescindir de que ésta aparezca directamente representada en la escala.

Supongamos en efecto que se trata de construir una escala cuya relacion sea $\frac{1}{13}$ de pulgada, pero de modo que no se marquen sino las divisiones décuplas. (Figura 2.ª)

Sea la $A-13$ la verdadera magnitud de la pulgada; si por el punto estremo 13 tiramos una recta cualquiera $13-E$, y sobre ella tomamos 13 aberturas de compás arbitrarias hasta E y cerramos el triángulo $A-13-E$, las paralelas $C-0$ y $D-5$ valdrán cada una 10 y 5 unidades, y á este tenor las demás. Si prolongamos, pues, la $C-0$ ó la EF y repetimos la longitud espresada, tendrémos la escala que buscamos, la cual nos dará 13 unidades del dibujo por pulgada, pero con el inconveniente indicado de que la unidad real no aparece esplícitamente sino en la longitud $n\,o$ ó su doble en la $D\,m'$, y así sucesivamente en algunos otros múltiplos como $M'\,g$.

La necesidad, pues, de simplificar todo lo posible la denominacion de las escalas, presentando al mismo tiempo esplícitamente indicada la magnitud de la unidad real, ha hecho el dividirlas de modo, que cada unidad gráfica comprenda un valor múltiplo de 10 á pesar de que esta condicion elimina necesariamente una multitud de escalas y en consecuencia ha de privar de la eleccion más conveniente en cada caso. Afortunadamente y á pesar de este inconveniente las escalas que resultan bajo las condiciones precedentes son suficientes para llenar los diferentes usos que pueden ocurrir en la práctica.

Así es que para conciliar en cierto modo estas ventajas

de fácil enunciacion, al mismo tiempo que se adoptaba como unidad gráfica la pulgada, hubo necesidad en lo antiguo de no admitir sino aquella série ó sucesion de escalas en que se verificasen ambas condiciones, esto es que la pulgada gráfica solo espresase en números seguidos de ceros, ó sea en múltiplos y divisores de 10, su valor en unidades reales, estableciéndose así las antiguas escalas de ordenanza, bajo la forma y denominaciones abstractas y usuales espresadas en las figuras 3.ª y 4.ª

En cuanto al empleo respectivo, considerado en general, era el siguiente:

Denominacion en pulgadas.	EMPLEO.
$\frac{1}{10}$	Objetos aislados y detalles.
Etc.	Etc.
$\frac{1}{1200}$	Topografía de detall.
$\frac{1}{3600}$	Planos de las plazas con sus fortificaciones.
$\frac{1}{7200}$	Topografía de las inmediaciones de una plaza.
Etc.	Etc.
$\frac{1}{120.000}$	Proyectos en grande y operaciones militares.
$\frac{1}{240.000}$	Mapas de un partido.
$\frac{1}{480.000}$	Idem de una provincia.
$\frac{1}{960.000}$	Idem de un reino.
Etc.	Etc.

ESCALAS NUEVAS REGLAMENTARIAS.

Dedúcese de lo espuesto, que todos los inconvenientes provenian, inevitablemente, de estar las medidas de estension antiguas, la vara, el pie, la pulgada y la línea, subdivididas segun el sistema de numeracion duodecimal, cuando la manera general de contar era por el décuplo.

Bien pronto el Cuerpo de Ingenieros trató de desembarazarse de estas trabas, y para ello solicitó y obtuvo el permiso del Gobierno, de considerar el pie de Búrgos dividido en décimas, centésimas y milésimas, y aplicarlo así á su servicio, recibiendo todos los oficiales en consecuencia reglas ó plantillas metálicas, hechas grabar al intento.

Conocida es la sencilla relacion entre las estensiones geográficas y las distancias itinerarias con el pie de Castilla, y la facilidad de su reduccion á esta unidad de medida; quedaban, pues, únicamente por valuar en la misma unidad las pulgadas y líneas segun el sistema decimal, para obtener un conjunto uniforme y aplicable con entera facilidad á todos los casos que pueden ocurrir en la práctica, referentes al uso de estas medidas.

Dado este primer paso, ninguna dificultad envuelve el determinar una verdadera série correlativa de escalas, con destino á los diferentes usos y servicios, tomando como

unidad gráfica el pie dividido segun el sistema general de numeracion, siendo su última division la milésima.

Bajo esta sencilla base, fueron arregladas las escalas que han sido empleadas hasta la prescripcion esclusiva del sistema métrico.

Como la pequeñez natural del pie puede hacer creer al pronto, que con tal subdivision han de resultar sumamente confusas estas escalas, vamos á presentar (figura 5.ª) su tipo general para hacer ver de una manera gráfica y esplícita que no es así, sirviendo esto como de preliminar á la tabla de denominaciones y empleo que á continuacion insertarémos.

La distancia *C B* es igual á la longitud de medio pie, y está dividida en cinco décimas.

La décima *C A* está subdividida en centésimas, resultando directamente la doble milésima en la (*O*-10) ó bien la milésima por la interseccion de la diagonal *O D* con el sistema de líneas paralelas.

Puesto que la milésima de pie es la menor parte gráfica que podemos apreciar con el compás en la escala precedente, se sigue que el valor real equivalente á la misma será la última dimension que podemos valuar, cuyo valor variará con la denominacion abstracta de la escala.

Si se tratase de convertir la escala trazada anteriormente en la de $\frac{1}{2}$, se ve desde luego que cada pie gráfico vale dos efectivos, cada décima dos décimas y lo mismo cada centésima y milésima, deduciéndose que podemos

establecer el dibujo de un objeto en esta escala sin más error probable que el de una doble milésima efectiva.

Si fuese la de $\frac{1}{2500}$ la escala que tratásemos de espresar, el medio pie ó la longitud *C B* valdria 1250, cada décima 250, cada centésima 25 y finalmente 2,50 pies cada milésima, siendo esta última cantidad la menor dimension del objeto que podria ser apreciada, representando por lo tanto el error probable en el dibujo.

Siendo la escala de $\frac{1}{20.000}$ ó de un pie por legua, la mitad valdrá 10.000 pies, 2.000 cada décima, 200 la centésima y 20 la milésima.

Vemos, pues, claramente que el sistema de escalas establecido bajo la base indicada, no solo es completo pudiéndosele dar toda la amplitud que se quiera, sino que basta escribir en un plano la fraccion correspondiente á su escala, para determinar directamente todas sus dimensiones, aplicándole la regla metálica dividida, de que hemos hecho mencion anteriormente.

Las denominaciones y usos adoptados para el servicio del Cuerpo de Ingenieros fueron los siguientes:

Denominacion abstracta.	EMPLEO.
$\frac{1}{2}$	Cerrajeria, herrajes, visagras, pestillos, etc.
$\frac{1}{5}$	Máquinas de pequeñas dimensiones, herreria, etc.
$\frac{1}{10}$	Máquinas de tamaño regular, ensambladuras en madera.
$\frac{1}{20}$	Grandes máquinas, carpinteria, garitas, puertas, ventanas, etc.
$\frac{1}{50}$	Revestimientos de campaña, diques, traveses, palizadas, barreras, etc., puentes levadizos, puertas de esclusa.
$\frac{1}{100}$	Baterías, espaldones, líneas, reductos, trincheras, bajadas y paso de los fosos, blindages, ramales de mina.
$\frac{1}{200}$	Cuarteles, hospitales, edificios de todas clases; revestimientos de escarpa y contraescarpa de un semifrente ó de una obra destacada, subterráneos, casamatas, traveses, comunicaciones, etc. Defensas accesorias, talas, fogatas, represas de agua, etc.
$\frac{1}{500}$	Frente de fortificacion sin obras adicionales, con indicacion de las obras de mamposteria y de la defensa subterránea, perfiles de la escala siguiente:
$\frac{1}{1000}$	Plano de un frente con obras adicionales, detalles de su ataque desde la desembocadura de la primera paralela, hasta fin del sitio. Plano detallado de las ciudades, villas y toda poblacion, indicando los trabajos de defensa y de ataque, disposicion y emplazamiento de la artillería y de las tropas del sitiado y sitiador. Campamentos de un batallon ó escuadron.

Denominacion abstracta.	EMPLEO.
$\frac{1}{2000}$	Planos generales de las plazas y directores de los ataques, desde la tercera paralela hasta el fin de un sitio. Planos generales de las poblaciones, espresando los caminos, canales, etc.; trazado de campamentos de un regimiento y de las fortificaciones de campaña que cubren estas posiciones.
$\frac{1}{5000}$	Plano de las plazas y sus cercanías hasta la distancia de 3000 varas; de los ataques desde la abertura de la trinchera hasta la tercera paralela; trazado de un campamento de varios regimientos.
$\frac{1}{16.000}$	Plano topográfico de las plazas y de sus cercanías hasta la distancia de 6000 varas. Líneas de circunvalacion, su ataque y defensa. Planos detallados de las líneas defensivas, campos y posiciones atrincheradas, marchas é itinerarios militares. Topografía detallada de una comarca. Campamento de una division.
$\frac{1}{20.000}$	Plano de la embestidura de una plaza y de las operaciones de los ejércitos destinados á cubrir un sitio, socorrer una plaza, etc. Reconocimientos militares de las fronteras y del país enemigo. Planos de los combates, batallas y movimientos de los ejércitos, campamentos de todo un ejército.
$\frac{1}{50.000}$	Plano general de las plazas y sus dependencias como fuertes, líneas, campos y posiciones atrincheradas. Descripcion general de las operaciones militares. Reduccion para el grabado de las dos escalas anteriores.

Denominacion abstracta.	EMPLEO.
$\frac{1}{100.000}$	Mapa detallado de una parte de frontera que comprenda muchas plazas, ó la zona militar fronteriza; operaciones militares que se proyecten ó ejecuten en ella.
$\frac{1}{200.000}$	Mapa general de una provincia, de un distrito militar y de las operaciones correspondientes de un ejército.
$\frac{1}{500.000}$	Mapa comprensivo de varios distritos militares; red de triángulos para levantamientos geodésicos.
$\frac{1}{1.000.000}$	Mapa general de las fronteras entre dos estados vecinos. Operaciones ofensivas y defensivas generales entre los ejércitos.
$\frac{1}{2.000.000}$	Mapas del conjunto de fronteras de varios estados, comunicaciones, líneas y puntos estratégicos generales.

ESCALAS METRICAS.

Tales han sido las escalas usadas en el Cuerpo de Ingenieros, hasta que la Ley de diez y nueve de Julio de mil ochocientos cuarenta y nueve fijó la cuestion oficial, decretando en absoluto la adopcion en todos los dominios españoles del sistema métrico francés de pesas y medidas, basado segun el artículo segundo en que «la unidad fundamental de este sistema será igual en longitud á la diezmilloné-

sima parte del arco de Meridiano que vá del Polo Norte al Ecuador y se llamará *Metro*.»

Al llegar á este punto no podemos menos de observar, que hubiéramos preferido otra redaccion para este artículo, puesto que es sabido que los Meridianos son desiguales entre sí, y más cuando en el artículo tercero se espresa «que el patron del metro será el de platina que se guarda en el Conservatorio de Artes, calculado por D. Gabriel Ciscar, con la reserva de poderse reformar, depositando el patron prototipo que en definitiva se adopte, en el Archivo Nacional de Simancas.»

De cualquier modo que sea, nos hallamos en el caso de abandonar nuestras antiguas medidas de estension, cambiándoles por el metro, sus divisiones y sus múltiplos.

Esta novedad trae en pos de sí necesariamente, la adopcion de otra nueva série de escalas en armonía con las condiciones de este tipo especial, y de esto vamos á ocuparnos, empezando por presentar en toda su pureza las séries que se desprenden directamente de este sistema de medidas.

Lo que distingue y caracteriza las *escalas* métricas, es la propiedad que tienen de estar en una relacion exacta con las divisiones del sistema métrico, ya sean lineales, de superficie ó de volúmen.

Estas escalas están todas comprendidas dentro de las dos séries, la una ascendente y la otra descendente, que tienen por primero y comun término la unidad, y cuyos demás términos consecutivos se corresponden de tal mane-

ra de tres en tres, que de cada uno de estos grupos pueden derivarse todos los otros sin más que un simple cambio de denominacion.

Las dos séries espresadas son las siguientes:

Série ascendente.

1.r grupo.	2.° grupo.	3.r grupo.	4.° grupo.

$$1 : 2 : 5 :: 10 : 20 : 50 :: 100 : 200 : 500 :: 1000 : 2000 : 5000$$

Série descendente.

1.r grupo.	2.° grupo.	3.r grupo.	4.° grupo.

$$1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{5} :: \frac{1}{10} : \frac{1}{20} : \frac{1}{50} :: \frac{1}{100} : \frac{1}{200} : \frac{1}{500} :: \frac{1}{1000} : \frac{1}{2000} : \frac{1}{5000}$$

La série ascendente está evidentemente formada por los números primos 1, 2, 5, únicos divisores exactos del metro y sus múltiplos, multiplicados sucesivamente por cada uno de los términos de la progresion decimal 1 : 10 : 100 : 1000, etc.

La série descendente está análogamente formada por los números 1, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{2}$, multiplicados por cada uno de los términos de la série decimal descendente $1 : \frac{1}{10} : \frac{1}{100} : \frac{1}{1000}$: etc.

La unidad, término primero y comun á las dos séries, indica la escala en que se verifica que el milímetro, unidad gráfica, representa una magnitud real igual al mismo.

Mas allá de este primer término, la série ascendente ofrece todas las escalas métricas en las que el milímetro representa una magnitud real más pequeña que él. Esta série abraza todas las escalas que sirven para medir sobre sus proyecciones, las divisiones de los limbos graduados de los instrumentos topográficos y geodésicos y los detalles de los mismos, cuando estas divisiones y detalles son de una dimension inferior al milímetro: estendiéndose tambien hasta las imágenes de los cuerpos microscópicos, aumentados por los instrumentos más poderosos de la óptica.

La série descendente contiene, pasado el primer término, todas las escalas métricas, en las cuales el milímetro representa una magnitud más considerable. Esta série suministra todas las escalas que sirven para medir sobre sus proyecciones los cuerpos ó el terreno, cuando los más pequeños detalles que importe apreciar son mayores que el milímetro. Desciende hasta los mapa-mundis y hasta á las proyecciones del sistema solar. En esta misma série se encuentran las escalas más usadas en topografía, y en general en todos los servicios públicos; es por lo tanto muy interesante el desarrollarla, siendo este el objeto de la tabla siguiente.

Esta tabla comprende los primeros grupos de la série descendente, y se detiene en el punto en que la série no ofrece ya sino escalas muy pequeñas y rara vez empleadas en la práctica.

Las dos primeras columnas del cuadro, no contienen sino los números de órden de los grupos y de las escalas.

La tercera y la cuarta columna, espresan las relaciones entre ellas y las magnitudes que representan. Estas relaciones están indicadas de dos maneras.

1.° En números abstractos por medio de las fracciones, de las cuales, cada una tiene por numerador la unidad gráfica de la escala, y por denominador el número igual, superior ó inferior de unidades reales que aquella represente.

2.° En medidas métricas, por la especie y el número de estas medidas que espresa el milímetro sobre la escala de proyeccion.

Se ha adoptado el milimetro como término comun de comparacion de las escalas y de las magnitudes que representan, porque esta última division del metro es la menor efectiva.

Este término de comparacion es tambien propio para designar el límite de cada escala, con relacion al mínimun de magnitud real que se puede apreciar con facilidad sobre la proyeccion.

La columna quinta está consagrada á indicar el uso práctico de las escalas métricas, segun su empleo general y segun el límite de cada escala. Espresa en seguida las aplicaciones más notables de las escalas adoptadas al servicio público, ya sea en virtud de leyes y de reglamentos que los prescriben, ya sea en razon de las propiedades que las hacen preferibles.

Distínguense en la cuarta columna las diferentes medidas métricas, por las señales siguientes:

Milímetros. . . . . m.
Centímetros.. . . . . c.
Decímetros. . . . . d.
Metros. . . . . M.
Decámetros.. . . . . D.
Hectómetros. . . . . H.
Kilómetros. . . . . K.
Myriámetros. . . . . *M.*

CUADRO de los primeros grupos de las escalas métricas, indicando sus relaciones y el empleo que se les asignó en Francia para el servicio público, al establecerse el sistema.

Número de órden		Relaciones entre las escalas		Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
de los grupos.	de las escalas.	en números abstractos.	en medidas métricas.	
I.	1.°	1	1 m.	Este grupo encierra las escalas apropiadas para las diferentes proyecciones de los instrumentos, máquinas, figuras, modelos, plantillas y aparatos en uso, siendo empleada cada una de estas escalas segun que la más pequeña magnitud que nos importe apreciar fácilmente sobre el plano de la proyeccion sea igual á 1, 2 ó 5 milímetros.
	2.°	$\frac{1}{2}$	2 m.	
	3.°	$\frac{1}{5}$	5 m.	

Número de órden de los grupos.	Número de órden de las escalas.	Relaciones entre las escalas en números abstractos.	Relaciones entre las escalas en medidas métricas.	Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
II.	4.°	$\frac{1}{10}$	1 c.	Las escalas de este grupo se aplican á las proyecciones variadas de las construcciones arquitectónicas, civiles, militares y de la marina, segun que la menor disminucion que deba apreciarse con exactitud sobre la proyeccion, sea de 1, 2 ó 5 centímetros.
	5.°	$\frac{1}{20}$	2 c.	
	6.°	$\frac{1}{50}$	5 c.	
III.	7.°	$\frac{1}{100}$	1 d.	Las escalas de este grupo convienen á los planos topográficos y de agrimensura cuando es importante apreciar con facilidad sobre ellos las magnitudes de 1, 2, 5 decimetros. Tales son los planos de terrenos ó solares situados en el interior de las ciudades, en las que el valor es muy crecido y se vende por metros cuadrados, cuando se trata de adquirirlos para el ensanche de las calles ó para el dominio militar. La Junta de Fortificacion ha adoptado la escala de $\frac{1}{500}$ como propia para reemplazar la de $\frac{1}{600}$ ó de un pie por 100 toesas empleada en la construccion de los planos en relieve de las plazas de guerra.
	8.°	$\frac{1}{200}$	2 d.	
	9.°	$\frac{1}{500}$	5 d.	

Número de órden		Relaciones entre las escalas		Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
de los grupos.	de las escalas.	en números abstractos.	en medidas métricas.	
IV.	10.	$\frac{1}{1000}$	1 M.	Comprende los planos topográficos en los cuales hayan de apreciarse 1, 2, 5 metros. Tales son los de los pantanos que hayan de desecarse, los de alineacion de las calles de una poblacion, cuando la superficie que importa apreciar sea 1, 4 ó 25 centiáreas. La escala $\frac{1}{1000}$ es la prescrita para el plano de limitacion del terreno militar sometido á la servidumbre defensiva de las plazas de guerra.
	11.	$\frac{1}{2000}$	2 M.	La escala $\frac{1}{2000}$ se la destina á los planos especiales cuyo objeto es determinar las líneas capitales y el límite de los polígonos.
	12.	$\frac{1}{5000}$	5 M.	La escala $\frac{1}{5000}$ ha sido adoptada por el Depósito de la Guerra y el de Fortificacion para los reconocimientos militares, para el levantamiento de los planos de las plazas de guerra, de las poblaciones etc. Reemplaza la escala de los planos directores ó sea la de $\frac{1}{1800}$ ó cuatro pulgadas por 100 toesas.

Número de órden		Relaciones entre las escalas		Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
de los grupos.	de las escalas.	en números abstractos.	en medidas métricas.	
V.	13.	$\frac{1}{10.000}$	1 D.	Este grupo encierra las tres escalas que se prestan mejor al levantamiento, á la reduccion y el grabado de los planos destinados á espresar la topografía completa de una comarca, cuando la menor longitud que importe apreciar sea igual á 1, 2, 5 decámetros ó 1, 4 ó 25 áreas.
	14.	$\frac{1}{20.000}$	2 D.	La Junta de Fortificacion ha adoptado la escala $\frac{1}{10.000}$ en vez de la antigua, para el plano topográfico de las plazas de guerra y de sus inmediaciones.
	15.	$\frac{1}{50.000}$	5 D.	Esta misma escala es la designada por una ley para formar el plano de limitacion de una concesion de minas.
				La escala $\frac{1}{20.000}$ está destinada para la reduccion de los trabajos anteriores.
				La de $\frac{1}{50.000}$ para el grabado de los mismos.

Número de órden		Relaciones entre las escalas		Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
de los grupos.	de las escalas.	en números abstractos.	en medidas métricas.	
VI.	16.	$\frac{1}{100.000}$	1 H.	Estas tres escalas convienen á los mapas corográficos, ó de reunion, cuya apreciacion llegue á 1, 2 ó 5 hectómetros, ó bien á 1, 4 ó 25 hectáreas. En este grupo es necesario elegir las escalas para los mapas que han de espresar á la vez, los límites militares de una zona de frontera y las relaciones entre las plazas de guerra y los accidentes del terreno, las comunicaciones por tierra y agua y los demás objetos propios á favorecer la defensa del territorio ó la ofensiva.
	17.	$\frac{1}{200.000}$	2 H.	
	18.	$\frac{1}{500.000}$	5 H.	
VII.	19.	$\frac{1}{1.000000}$	1 K.	Estas escalas son á propósito para los mapas geográficos de un Estado ó de una parte del mundo sobre las cuales hayan de apreciarse cómodamente distancias iguales á 1, 2 ó 5 kilómetros lineales, ó bien 1, 4, 25 kilómetros cuadrados.
	20.	$\frac{1}{2.000000}$	2 K.	
	21.	$\frac{1}{5.000000}$	5 K.	

Número de órden		Relaciones entre las escalas		Empleo de las escalas métricas en los servicios públicos.
de los grupos.	de las escalas.	en números abstractos.	en medidas métricas.	
VIII.	22.	$\frac{1}{10.000000}$	1 *M.*	Las escalas de este grupo son aplicables á los mapas geográficos generales, á los mapa-mundis, á las cartas muy reducidas del globo, á las esferas ó globos terrestres, cuando deben apreciarse las distancias hasta 1, 2 ó 5 miriámetros. En estas escalas el cuadrante del Meridiano queda espresado por 1 metro, ó por 5 ó 2 decímetros.
	23.	$\frac{1}{20.000000}$	2 *M.*	
	24.	$\frac{1}{50.000000}$	5 *M.*	

Ordenemos ahora esta série general con relacion á las escalas de 1, $\frac{1}{2}$, y $\frac{1}{5}$, formando cada una un solo grupo con los submúltiplos decimales que se deriban de ella, y el cuadro anterior tomará la forma siguiente:

Escalas de 1 milímetro por.....	un	Milímetro.....	1	*a.*
		Centímetro....	$\frac{1}{10}$	*b.*
		Decímetro. ...	$\frac{1}{100}$	*c.*
		Metro.	$\frac{1}{1000}$	*d.*
		Decámetro....	$\frac{1}{10.000}$	*e.*
		Hectómetro...	$\frac{1}{100.000}$	*f.*
		Kilómetro.....	$\frac{1}{1.000.000}$	*g.*
		Miriámetro....	$\frac{1}{10.000.000}$	*h.*
	dos	Milímetros....	$\frac{1}{2}$	*a'.*
		Centímetros..	$\frac{1}{20}$	*b'.*
		Decímetros...	$\frac{1}{200}$	*c'.*
		Metros.....	$\frac{1}{2000}$	*d'.*
		Decámetros...	$\frac{1}{20.000}$	*e'.*
		Hectómetros.	$\frac{1}{200.000}$	*f'.*
		Kilómetros....	$\frac{1}{2.000.000}$	*g'.*
		Miriámetros..	$\frac{1}{20.000.000}$	*h'.*

Escalas de 1 milímetro por.....	cinco	Milímetros....	$\frac{1}{5}$	$a.''$
		Centímetros..	$\frac{1}{50}$	$b.''$
		Decímetros...	$\frac{1}{500}$	$c''.$
		Metros.....	$\frac{1}{5000}$	$d''.$
		Decámetros. .	$\frac{1}{50.000}$	$e''.$
		Hectómetros.	$\frac{1}{500.000}$	$f''.$
		Kilómetros....	$\frac{1}{5.000.000}$	$g''.$
		Miriámetros..	$\frac{1}{50.000.000}$	$h''.$

Bajo esta última forma se deduce fácilmente, que en el sistema métrico existe la misma propiedad que hemos indicado al esponer las escalas decimales en pies y es, que basta tener trazados sobre una regla las escalas del primer grupo 1, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{5}$ para que cada una de estas escalas coincida con todos sus submúltiplos, sin más que un simple cambio de denominacion en la medida métrica que la escala debe representar con su numeracion correspondiente.

Se vé además que en rigor una escala sola será bastante dándole sucesivamente al milímetro el valor de 1, 2 ó 5 milímetros, decímetros, centímetros, etc., deduciéndose análogamente de esta mútua relacion entre las escalas y las medidas métricas efectivas, que se pueden medir directamente en un plano las dimensiones ó las distancias re-

presentadas, por la simple aplicacion del doble decímetro ó regla métrica graduada, sin más datos que conocer la fraccion indicadora de la escala; propiedad preciosa en la guerra, en viaje y en todos aquellos casos en que haya necesidad de una valuacion rápida de las distancias.

La escala métrica que sirviese para todos los casos espresados, deberia ser construida gráficamente de la manera que lo está en la figura 6.ª la

ESCALA MÉTRICA GENERAL EN MILÍMETROS.

En ella se observa que 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{5}$ de milímetro pueden valer sucesivamente para producir la escala que se quiera, ó milímetros, ó centímetros, ó decímetros, ó metros, ó decámetros, ó kilómetros, etc., etc.

Si suponemos en efecto que la unidad gráfica ó el milímetro ha de representar un milímetro real, la escala será para este caso $\frac{1}{1}$.

Si el milímetro ha de espresar 10 milímetros ó 1 centímetro, la escala será entonces de $\frac{1}{10}$. Si ha de valer 10 centímetros ó 1 decímetro, será de $\frac{1}{100}$: si 1 metro, de $\frac{1}{1000}$: si un decámetro, de $\frac{1}{10.000}$ y así sucesivamente.

Si análogamente $\frac{1}{2}$ milímetro gráfico ha de valer 1 milímetro real, resultará la escala de $\frac{1}{2}$; si vale 1 centímetro, la de $\frac{1}{20}$; si 1 decímetro, la de $\frac{1}{200}$; si 1 metro, la de $\frac{1}{2000}$; etc., etc.

Suponiendo finalmente que $\frac{1}{5}$ de milímetro en la escala haya de espresar 1 milímetro efectivo, tendremos la derivada $\frac{1}{5}$; si espresase 1 centímetro, la de $\frac{1}{50}$; si 1 decímetro, la de $\frac{1}{500}$; si 1 metro, la de $\frac{1}{5000}$; etc., etc.

Estas tres séries diferentes suelen enunciarse bajo la denominacion abreviada de

Un milímetro por metro, ó 0,001 por 1,000;

Un milímetro por 2 metros, ó 0,001 por 2,000;

Un milímetro por 5 metros, ó 0,001 por 5,000;

Etc., etc.

Conocemos, pues, teóricamente las circunstancias y organismo de la série natural de escalas métricas y los usos ó empleo que desde un principio se ha creido conveniente asignarles; vamos ahora á esponer los inconvenientes con que se ha tropezado en su aplicacion á la práctica.

Nada mejor para esto, que transcribir las observacione sobre el particular debidas á Mr. Allent y publicadas en el tomo segundo del *Memorial del Depósito de la Guerra francés*, al tratar de este género de escalas.

OBSERVACIONES.

La Comision topográfica de 1802 esperaba que las escalas métricas bastarian á satisfacer todas las necesidades del servicio, y espresó su deseo de que las corporaciones que usaban aun escalas arbitrarias ó derivadas del sistema

antiguo de medidas lineales, las sustituyesen por otras elegidas entre las del sistema métrico.

Bien pronto, sin embargo, en 1808 cuando se abandonó en Francia la formacion del catastro por masas de cultivo para sustituirlo por el catastro parcial, aunque conservando para los planos de conjunto la escala métrica de $\frac{1}{10.000}$, no se pudo admitir para los planos particulares, ni la escala de $\frac{1}{200}$ por demasiado grande, ni la de $\frac{1}{500}$ por escesivamente pequeña, habiendo fijado el Reglamento general mandado observar al intento por el Gobierno, la escala de $\frac{1}{2500}$, en la cual el milímetro gráfico representa $2\ \frac{1}{2}$ metros y el cuadrado $6\ \frac{3}{4}$ de centiárea, en razon de estar aquella fraccion denominadora fuera del sistema métrico.

El decreto de 12 de Febrero de 1812 y la disposicion ministerial de 28 de Marzo, consecuencia del mismo, mandaron que se adoptasen las divisiones y los múltiplos del metro segun el sistema binario y duodecimal, autorizando la construccion y el uso de la toesa métrica igual á 2 metros y dividida como la antigua toesa, en pies, pulgadas y líneas.

Tal influjo, añade M. Allent, tiene la costumbre en los pueblos, más fuerte que las buenas razones de los sábios, habiendo hecho al fin reconocer, que adoptando el sistema métrico no se habia suprimido el tercio ni el cuarto.

En fin, para no aducir otros ejemplos, la Comision encargada del trabajo más importante y de más trascenden-

cia futura, la formacion de la nueva carta de Francia, adoptó, dando por razones el tiempo y los gastos de levantamiento y grabado de la carta, las escalas de $\frac{1}{40.000}$ y $\frac{1}{80.000}$ con las cuales se ha llevado á cabo casi en su totalidad esta grande obra, siendo de notar que la reduccion de la misma carta, en la cual se trabaja igualmente, se hace á la escala de $\frac{1}{320.000}$, múltipla de las anteriores y todas ellas fuera del sistema métrico, puesto que la primera dá ya para el milímetro lineal los $\frac{2}{5}$ del hectómetro y su cuadrado $\frac{4}{25}$ de hectárea.

Independientemente y por nuestra parte, vamos tambien á señalar un defecto orgánico de las séries métricas indicadas y es, que se verifica en cada triada al combinarlas, como puede verse en el cuadro presentado, que siendo $\frac{1}{2}$ la relacion entre las dos primeras escalas, esta se cambia intempestivamente en $\frac{1}{2,5}$ para la tercera, produciendo la perturbacion consiguiente con respecto á las dependencias recíprocas, que dejan de ser uniformes aun dentro de cada grupo.

Todas estas consideraciones prueban desde luego que las propiedades ventajosas de las escalas puramente métricas, son más de una vez contrapesadas por razones estrañas á la ciencia, obligando á elegir otras escalas fuera de las séries de que nos hemos ocupado.

Síguese, pues, en vista de este ensayo en cierto modo infructuoso, que la única propiedad que conviene conservar en un sistema de escalas, es la de su correlacion, aun

cuando vayamos á buscarla en séries fuera del sistema métrico, con tal que sus leyes de formacion sean sencillas y contínuas.

Fuera del sistema métrico no es posible hallar escalas que sean á la vez correlativas y de un uso cómodo, sino en la combinacion de los números 1, 2, 3, 4 y 5, con esclusion de otro número de órden superior. Cualquiera que sea en efecto la altura á que el talento se eleva en las especulaciones de la geometría, son tales en la práctica los límites del entendimiento humano, que rechaza invenciblemente toda combinacion de números y de magnitudes que no sean de sencilla apreciacion y por lo tanto de fácil y cómodo empleo.

Venimos, pues, á parar sencillamente como tipo verdaderamente práctico á las

ESCALAS DECIMALES.

No entraremos en el desarrollo detallado, ni en la combinacion de las séries que pueden formarse con los números 1, 2, 3 y 5 espresados, y con la decimal general: solo presentaremos los resultados que sean realmente útiles á nuestro objeto, y algunas indicaciones, eliminando desde luego el número 4, que no es número primo y sus combinaciones están envueltas en las que dá el número 2 su divisor exacto: tambien fijaremos, los límites

de magnitud de las escalas en $\frac{8}{1}$ y $\frac{1}{40.000.000}$ entre los cuales están indudablemente comprendidas todas las aplicaciones á la práctica, si se esceptúa las que no pertenecen á ningun sistema y están determinadas por la necesidad, segun relaciones especiales que haya que guardar, bien en razon de la magnitud de los cuadros de proyeccion, bien por la ampliacion ó reduccion necesaria de los objetos, ó por las exigencias del grabado, ó bien cuando las dimensiones de los dibujos estén dadas por condiciones particulares ó haya que sujetarlos á la uniformidad ó á un tamaño determinado, como sucede en las láminas de los libros.

Examinemos primeramente la más sencilla de todas estas séries, la que puede formarse con el número 2, combinado con el mismo.

La série descendente, la única que nos interesa desarrollar al presente será $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16}$, etc.

Esta série será aplicable á todos los casos en que se debe usar por conveniencia ó por necesidad, de escalas que sean subdobles la una de la otra.

Si multiplicamos sucesivamente la série binaria anterior por las séries á la vez métricas y decimales $1 : \frac{1}{10} : \frac{1}{100}$: etc., $1 : \frac{1}{20} : \frac{1}{200}$: etc., $1 : \frac{1}{50} : \frac{1}{500}$: etc., se obtendrá un gran número de séries decimales, cuyos términos unos pertenecerán al sistema métrico y otros estarán fuera de este sistema.

Nos limitaremos á ordenar aquí, como ejemplo, las sé-

ries decimales que produce la combinacion de la progrecion binaria $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8}$: etc., con la decimal $1, \frac{1}{10} : \frac{1}{100} : \frac{1}{1000}$ etc. Esta combinacion da las progresiones siguientes: $\frac{1}{10} : \frac{1}{20} : \frac{1}{40} : \frac{1}{80}$: etc. :: $\frac{1}{100} : \frac{1}{200} : \frac{1}{400} : \frac{1}{800}$: etc., $\frac{1}{1000}, \frac{1}{2000}$ $\frac{1}{4000} : \frac{1}{8000}$: etc. :: $\frac{1}{10.000} : \frac{1}{20.000} : \frac{1}{40.000} : \frac{1}{80.000}$: etc.

Se notará desde luego que reproduciendo estas séries una parte de las del sistema métrico, ofrecen además un gran número de escalas puramente decimales fuera de este sistema; tales son las escalas $\frac{1}{40} : \frac{1}{80}$: etc., que en sus relaciones más elevadas producen las de $\frac{1}{40.000}$ y $\frac{1}{80.000}$ de que hablamos anteriormente.

Solo indicaremos el sistema ternario que resulta de la série $1 : \frac{1}{3} : \frac{1}{9}$: etc., combinada con las séries métrico-decimales $\frac{1}{10} : \frac{1}{100}$: etc. :: $\frac{1}{20} : \frac{1}{200}$: etc. :: $\frac{1}{50} : \frac{1}{500}$: etc. Estas combinaciones ofrecen séries que no son aplicables sino cuando es preciso emplear escalas que sean súbtriples las unas de las otras, dando términos intermedios entre dos escalas métricas inmediatas.

Con respecto á la série quinaria $1 : \frac{1}{5} : \frac{1}{25}$: etc., nos limitaremos á los primeros términos de su combinacion con la série métrica decimal $1 : \frac{1}{10} : \frac{1}{100} : \frac{1}{1000}$: etc., la cual produce las combinaciones siguientes $\frac{1}{10} : \frac{1}{50} : \frac{1}{250}$: etc. :: $\frac{1}{100} : \frac{1}{500} : \frac{1}{2.500}$: etc., entre las cuales se halla la escala de $\frac{1}{2.500}$ de la que hicimos mencion en otro lugar.

Hasta aquí solo hemos considerado separadamente cada uno de los números primos 2, 3, 5: la combinacion de estos números dos á dos, produce séries binoterciarias,

binoquinarias y ternoquinarias, que se pueden combinar en seguida con las tres séries métrico-decimales. Es, sin embargo, enojoso y poco útil desarrollar estas combinaciones, las cuales en su mayor parte carecen de sencillez, siendo por lo tanto, estrañas en cierto modo á nuestro propósito principal: esceptuamos las escalas binoternarias que coinciden con la division natural de la vara y el pie, y que por lo mismo podrán ser útiles durante al menos algun tiempo en las aplicaciones de las artes mecánicas, que emplean por lo regular estas medidas que acaso sea difícil desterrar en breve plazo, por la costumbre arraigada y la independencia con que ejercen estas profesiones los individuos que se dedican á ellas.

ELECCION DE ESCALAS.

Hecha la ligera reseña que antecede, y espuestas las varias observaciones que nos ha sugerido el estudio de esta materia, debemos naturalmente entrar en el exámen de la série de escalas que nos sea más conveniente adoptar, entre el gran número que nos ofrecen los desarrollos anteriores.

Debemos ante todo ser muy parcos en la eleccion de un sistema de escalas: la multiplicidad ó demasiado número de ellas, además de la confusion, envolveria implícitamente el error de que cualquiera escala es buena, con

tal de que cumpla con las exigencias del momento, ó del uso particular ó idea á que se halle más particularmente subordinada.

El reducir, por el contrario, la série, nos es sumamente conveniente y hasta preciso: detrás de un objeto dado, se halla siempre su comparacion con otros, sin lo cual no es dable deslindar las ventajas é inconvenientes relativos, comparacion que no sería fácil ni cómodo hacer ni menos percibir de pronto, si en general no estuviesen fijas las escalas y particularmente afectas á ciertos y determinados usos, guardando entre sí además sencillas dependencias.

Otra nueva consideracion nos resta que esponer, y no menos interesante, pues se enlaza directamente con la denominacion, ó sea el número abstracto que espresa para cada escala de una série, su relacion con la verdadera unidad de medida.

Ya hemos hecho notar, al tratar de las escalas métricas, el inconveniente que presentan las denominaciones naturales 1, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{5}$ y sus derivadas, por cambiar la razon de esta última con las anteriores, produciendo por lo tanto un salto inmotivado entre las escalas de cada grupo: la misma observacion tiene lugar con respecto á cualquiera otra série de escalas en que se siga la ley de los mismos divisores, como puede verse en la antiguamente adoptada por el Cuerpo, bajo la base de la division decimal del pie de Castilla, que al principio presentamos.

Este grave obstáculo, que solo es inherente al sistema puramente métrico, desaparece en las escalas simplemente decimales, en las que puede admitirse para toda la série una razon fija y determinada.

Pensamos, sin embargo, que esta idea tampoco debe exagerarse, y que en vez de adoptarse una razon única para todo un sistema de escalas, esto debe limitarse á las de cada grupo, pues hasta creemos ventajoso efectuar una interrupcion al pasar del uno al otro.

La razon entre las escalas de cada grupo que nos parece más conveniente adoptar, es la de $\frac{1}{2}$, puesto que nos proporcionará el tener escalas dobles las unas de las otras: la relativa al paso de uno al otro grupo, la fijaremos en $\frac{1}{10}$, siendo bien sencillas ambas relaciones: unido esto á la condicion general de dependencia con la unidad gráfica y real, nos facilitará adquirir la costumbre de darnos cuenta á la simple vista, de los tamaños efectivos de los objetos espresados en proyeccion, y llegar al resultado de su comparacion mútua con prontitud y sin la molestia consiguiente á un estudio detenido y detallado de los planos; trabajo penoso al par que estraño, puesto que vemos la manera de eliminarlo á medida que el observador adquiera la práctica necesaria con el apoyo de estas bases elementales.

Lo que llevamos espuesto, se reasume en dos principios generales:

1.° Determinar la relacion entre la unidad gráfica y la

real, dada en abstracto, por la denominacion particular de la escala.

2.° Adoptar como razon fija entre las escalas propias á cada grupo la fraccion $\frac{1}{2}$, con la mira de que las unas sean dobles de las otras, y la de $\frac{1}{10}$ para el tránsito del uno al otro grupo.

La conveniencia natural de estos principios, es sustituir el sistema esclusivamente métrico por el puramente decimal, para lo cual hemos visto no faltan razones de gran peso, descartando en definitiva las escalas $\frac{5}{1} : \frac{1}{5} : \frac{1}{50} : \frac{1}{500} : \frac{1}{1000} : \frac{1}{50.000} : \frac{1}{100.000} : \frac{1}{500.000} : \frac{1}{5.000.000} : \frac{1}{10.000.000} : \frac{1}{50.000.000}$: sustituyéndolas por las $\frac{4}{1} : \frac{1}{4} : \frac{1}{40} : \frac{1}{400} : \frac{1}{2.500} : \frac{1}{40.000} : \frac{1}{80.000} : \frac{1}{400.000} : \frac{1}{800.000} : \frac{1}{4.000.000} : \frac{1}{8.000.000}$ y $\frac{1}{40.000.000}$ entre las cuales se hallan todas las adoptadas para el levantamiento, dibujo y grabado de la gran carta topográfica de Francia, de que hemos hablado anteriormente.

Aun independientemente de la teoría razonada que acabamos de esponer, hay para nosotros los españoles una gran razon práctica para adoptar la série de escalas espresada.

Podemos observar, en efecto, que bajo este sistema todas las denominaciones son múltiplas ó submúltiplas de 20 en números enteros, ó sea de la legua española de 20.000 pies de Castilla y de 20 al grado.

Hemos procurado demostrar en la introduccion, que nuestras antiguas medidas de estension nada tienen de arbitrario ni casual, guardando por el contrario entre sí,

á partir del pie de Castilla, admirables relaciones en íntima armonía con las dimensiones terrestres.

Sabido es, que se ha querido basar en esta cualidad el sistema métrico francés; pero aun así, el nuestro aunque más antiguo, lleva la ventaja de envolver, no solo todas las condiciones factibles con la realidad geodésica, sino la de estar además en consonancia perfecta con la manera indeclinable de medir el tiempo por fracciones duodecimales, base tambien de la division de la circunferencia del círculo en 360 grados, cosas que tampoco pueden variarse como exige el sistema métrico, sin introducir indecibles perturbaciones.

Lo único que podia haberse objetado al sistema español de medidas, era la subdivision del pie en pulgadas y líneas, y á esta anomalía, si así puede llamarse para el completo del sistema científicamente considerado, ya habia subvenido el Cuerpo de Ingenieros, dividiendo el pie autorizadamente en décimas, centésimas y milésimas.

Bien se comprende que al espresarnos así, no es con la idea de sustituir al metro la vara, ó sea su unidad el pie de Castilla; queremos solo conservar ó introducir en una série de escalas, las denominaciones abstractas que comprendiendo todas las relaciones posibles, faciliten el análisis de los planos y la conversion mútua de las medidas antiguas y métricas, sin más que la aplicacion de la respectiva regla graduada sobre las proyecciones gráficas, viniendo así á parar á una nueva série razonada, ó sea

PROPUESTA GENERAL DE ESCALAS.

La base de este sistema, son las séries decimales siguientes:

$$\left.\begin{array}{l} 1:2:4:8:\text{etc.} \\ 1:\frac{1}{2}:\frac{1}{4}:\frac{1}{8}:\text{etc.} \\ 1:\frac{1}{5}:\frac{1}{25}:\text{etc.} \end{array}\right\} \text{multiplicados por la general} \left\{\frac{1}{10}:\frac{1}{100}:\frac{1}{1000}:\text{etc.}\right.$$

Dividimos las escalas en nueve grupos diferentes:

1.° Escalas múltiplas y monteas.
2.° Instrumentos y aparatos.
3.° Máquinas.
4.° Edificios y obras de fortificacion.
5.° Topografía de detall.
6.° Topografía general.
7.° Corografia.
8.° Geografía.
9.° Mapas generales y globos.

Cada grupo comprende tres escalas diferentes, á escepcion del primero que comprende cuatro por envolver la unidad, siendo de $\frac{1}{2}$ la relacion fija entre estas escalas.

La relacion constante para pasar de uno al otro grupo es de $\frac{1}{10}$, como ya hemos indicado.

Los grupos, pues, serán los siguientes:

1.º—Monteas y proyecciones múltiplas.

Escalas ..... 1, 2, 4, 8, etc., ó 20, 40, 80, etc.

2.º—Instrumentos y aparatos.

$$\frac{1}{2}, \quad \frac{1}{4}, \quad \frac{1}{8}.$$

3.º—Máquinas.

$$\frac{1}{20}, \quad \frac{1}{40}, \quad \frac{1}{80}$$

4.º—Edificios y obras de fortificacion.

$$\frac{1}{200}, \quad \frac{1}{400}, \quad \frac{1}{800}$$

5.º y 6.º—Topografía.

5.º—De Detalle.			6.º—General.		
$\frac{1}{2500}$,	$\frac{1}{5000}$,	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{1}{20.000}$,	$\frac{1}{40.000}$,	$\frac{1}{80.000}$

7.º—Corografía.

$$\frac{1}{200.000}, \quad \frac{1}{400.000}, \quad \frac{1}{800.000}, \text{ etc.}$$

8.º—Geografía.

$$\frac{1}{2.000.000}, \quad \frac{1}{4.000.000}, \quad \frac{1}{8.000.000}, \text{ etc.}$$

9.º—Cartas generales y globos.

$$\frac{1}{20.000{,}000}, \quad \frac{1}{40.000.000}$$

A continuacion ofrecemos el cuadro detallado de estas escalas, con sus usos correspondientes.

CUADRO DE ESCALAS DECIMALES.

1.º—ESCALAS MÚLTIPLAS.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
1	$\frac{8}{1}$	Cualquiera dimension. . . .	Las tres primeras escalas se aplican á la proyeccion de los instrumentos que sirven para el levantamiento de planos y de sus detalles, cuyas pequeñas dimensiones obligan á presentarlas multiplicadas para que se comprendan fácilmente, así como los objetos aumentados por medio de la óptica. Estas escalas y sus derivadas superiores son de poco uso; no obstante, pueden ser útiles para ejercitarse en la descripcion detallada de los instrumentos y aparatos muy pequeños.
2	$\frac{4}{1}$		
3	$\frac{2}{1}$		
4	$\frac{1}{1}$	2 milésimas de pie ó $\frac{1}{2}$ milímetro.	La escala 4.ª se usa para establecer todo género de monteas. Para el corte de plantillas para la cantería, carpintería, fundicion, etc. Planos de instrumentos, útiles, herramientas, aparatos y máquinas pequeñas, cuando es importante ó necesario presentarlas en su tamaño natural.

2.°—INSTRUMENTOS, APARATOS, ÚTILES.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
5	$\frac{1}{2}$	4 milésimas de pie ó 1 milímetro.	1.°—Proyecciones de instrumentos, aparatos y máquinas pequeñas cuando no es preciso presentarlas en su verdadera magnitud. Cerrajería, bisagras, pestillos, cerrajas, pasadores, fallebas, tornillos, pernos. Herrería, grapones, obras de cobre, herramienta grúesa.
6	$\frac{1}{4}$	8 milésimas de pie ó 2 milímetros.	2.°—Máquinas ó aparatos de poco tamaño, como criks, etc. Carpintería, ensambladuras, escopladuras, espigas, mortajas. Utiles de pontoneros, zapadores, minadores, peones, carpinteros y herreros. Herraje grueso.
7	$\frac{1}{8}$	16 milésimas de pie ó 4 milímetros.	3.°—Máquinas de madera y hierro de medianas dimensiones, como cabrestantes, torniquetes, tornos de minadores. Aparatos relativos á la construccion de cestones, salchichones, zarzos y demás materiales que se emplean en las obras de tierra. Estacadas, barreras, etc.

3.º—MÁQUINAS, PUENTES, TRABAJOS DE SITIO.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
8	$\frac{1}{20}$	4 centésimas de pie ó 1 centímetro.	1.º—Proyecciones de grandes máquinas, pero cuyas piezas son delicadas, como bombas, máquina de envolver salchicha de estopin, etc. Carruajes de los trenes de puentes y los destinados al transporte de tierras, útiles, materiales, etc. Barcas, pontones, caballetes, cimbras, armaduras, puertas, ventanas, armeros, garitas. Detalles de arquitectura y construcciones.
9	$\frac{1}{40}$	8 centésimas de pie ó 2 centímetros.	2.º—Máquinas compuestas de piezas fuertes, como gruas, cábrias, martinetes. Detalles de castrametacion, tales como tiendas, barracas, hornos, etc. Detalles de obras pequeñas de campaña, como revestimientos, espigones, diques, traveses, etc. Estacadas con sus barreras, caballos de frisa, talas, etc.

(Sigue el 3.°—Máquinas, puentes, trabajos de sitio.)

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
9	$\frac{1}{40}$	8 centésimas de pie ó 2 centímetros. . . .	Detalles de un sistema de hornillos, en uno ó dos pisos, disposicion de los ramales, cámaras, canales, atraques: efecto de la esplosion en las tierras, etc. Rampas de madera, puentes militares, puentes estables, levadizos y giratorios; esclusas de retenida, de inundaciones y sus puertas; ataguías, acequias, acueductos, vertederos, etc. Detalles de arquitectura y de construcciones.
10	$\frac{1}{80}$	16 centésimas de pie ó 4 centímetros. . . .	3.°—Proyecciones detalladas de las obras de tierra y de madera que se emplean en el ataque y la defensa de plazas, como baterías, espaldones, trozos de líneas, reductos, paralelas, trincheras, contra-ataques, zapas, bajadas y pasos de foso; reductos de madera, blindages, etc. De ramales de minas, acotados para la direccion de los trabajos, sistemas de hornillos, y de sus efectos en las cabezas de zapa. Perfiles de arquitectura y de edificios.

4.º—EDIFICIOS Y OBRAS DE FORTIFICACION.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
11	$\frac{1}{200}$	4 décimos de pie ó 1 decímetro.	1.º—Plantas de los revestimientos de escarpa y contraescarpa de un medio frente, de una obra destacada, de un fuerte en el mar, de sus subterráneos, casamatas, caponeras y comunicaciones. De almacenes, cuerpos de guardia, cuarteles á prueba y defensivos, hospitales: de una ala ó frente de otros edificios militares. De casas de campo, recintos, edificios, etc., en que una tropa pueda defenderse; de los trabajos que se hagan para ello y para volarlos. De galerías, ramales y hornillos y de sus efectos, en lo interior y salientes de las obras. De las defensas accesorias, como talas, fogatas, retenidas de agua, etc.
12	$\frac{1}{400}$	8 décimas de pie ó 2 decímetros	2.º—Proyecciones de la tenaza, caponeras de tierra y otras obras dominadas, que sirven á la desenfilada de las mamposterías. De un frente de fortificacion sin obras adicionales, en que se indique el sistema general de las mamposterías, y la defensa subterránea y sus efectos.

(Sigue el 4.°—Edificios y obras de fortificacion.)

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
12	$\frac{1}{400}$	8 décimas de pie ó 2 decímetros	De las obras de tierra detalladas para trazado y cálculos de las escavaciones, rellenos, etc. Castrametacion de una compañía de Ingenieros con su parque de puentes, carros, etc. Idem de una de Artillería. Planos de solares y terrenos que en las poblaciones haya de ocupar la fortificacion. Modelos en relieve.
13	$\frac{1}{800}$	16 décimas de pie ó 4 decímetros	3.°—Planos detallados de un frente con sus obras adicionales, de un grupo de obras cualesquiera, de un sistema de minas para servir al trazado. Detalles de un ataque, desde la 3.ª paralela hasta el fin del sitio, indicando los trabajos de ataque y defensa, disposiciones y movimientos de la artillería y de las tropas sitiadas y sitiadoras. Perfiles generales del terreno y de las obras, para determinar sus dominaciones. Inundaciones, juego de aguas, zanjas, acequias y canales defensivos. Castrametacion de un regimiento, un escuadron ó un batallon de Ingenieros.

5.°—TOPOGRAFÍA DE DETALL.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
14	$\frac{1}{2500}$	$4\frac{1}{2}$ pies ó 1,25 metros	1.°—Planos de direccion de las plazas de guerra, de uno ó muchos frentes ó de un grupo de obras cualesquiera, y del terreno circunvecino hasta 1000 metros de distancia, para determinar las escalas de desenfilada, el trazado de magistrales y del cordon de las obras y las disposiciones generales de la guerra subterránea.—Planos de reunion de los diferentes ataques de una plaza, desde la 2.ª paralela hasta el fin del sitio.—Planos particulares de terrenos que comprendan obstáculos, como edificios, masas de arbolado, aguas, etc.—Planos detallados de las poblaciones caminos, canales, etc.—Trazados de fortificacion de campaña y de los campos que cubren estas posiciones.
15	$\frac{1}{5000}$	9 pies ó 2,5 metros	2.°—Planos de las plazas con sus alrededores, hasta media legua de distancia.—Atlas de las plazas de guerra.—Nivelacion general.—Planos de los ataques de una plaza desde la abertura de la trinchera hasta la 3.ª paralela.—Trazado del campamento de una brigada ó de una division.
16	$\frac{1}{10.000}$	18 pies ó 5 metros.	3.°—Planos topográficos de las plazas con sus alrededores hasta la distancia de una legua.—Líneas de circunvalacion y contravalacion, su ataque y defensa. — Campos atrincherados. —Itinerarios militares.—Topografía completa y detallada en general.— Campamento de un cuerpo de ejército.—Grabado de los anteriores.

6.°—TOPOGRAFÍA GENERAL.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
17	$\frac{1}{20.000}$	36 pies ó 1 decámetro.	1.°—Plano general de la embestidura y operaciones de los ejércitos destinados á cubrir un sitio, socorrer una plaza, etc. Reconocimientos militares en pais enemigo. Planos de batallas y movimientos de un ejército, con la descripcion completa del terreno. Campamento de un ejército.
18	$\frac{1}{40.000}$	72 pies ó 2 decámetros.	2.°—Planos de una parte del sistema defensivo de una frontera ó costa, con las plazas y sus dependencias, como fuertes, líneas, campos atrincherados; con la descripcion del terreno y de las operaciones militares que tengan relacion con un cordon de plazas y los ejércitos que operen en sus inmediaciones. Levantamiento de planos en grande escala, como los que tienen por base triangulaciones geodésicas.
19	$\frac{1}{80.000}$	142 pies ó 4 decámetros.	3.°—Planos generales de una parte de frontera, de un canton militar, ó de una subdivision que comprenda varias plazas, con la topografía completa del terreno. Plano de las operaciones militares de una campaña de sitios. Reduccion para el grabado de las escalas anteriores.

7.°—COROGRAFÍA.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
20	1/200.000	350 pies ó 1 hectómetro	1.°—Mapa detallado de una gran parte de la frontera, de una provincia, de un distrito militar, de una Subdireccion de Ingenieros ó de varias Comandancias.
21	1/400.000	700 pies ó 2 hectómetros.	2.°—Mapa general de una frontera que comprenda varios distritos militares. Red de triángulos de las operaciones geodésicas.
22	1/800.000	1400 pies ó 4 hectómetros.	3.°—Mapa general de toda una gran frontera, con la disposicion en ella de las plazas fuertes. Bases y líneas de operaciones defensivas ú ofensivas, proyectadas ó ejecutadas por ejércitos. Division territorial para el servicio y la administracion del arma de Ingenieros.

8.°—GEOGRAFÍA.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	EMPLEO.
23	1 / 2.000.000	3000 pies ó 1 kilómetro	1.°—Mapas del conjunto de fronteras y costas de un Estado, líneas de plazas fuertes y demás puestos fortificados. Bases, líneas y puntos estratégicos y todo cuanto puede tener relacion con el sistema general defensivo.
24	1 / 4.000.000	7200 pies ó 2 kilómetros. . . .	2.°—Mapas de un Estado y de las zonas defensivas de los circunvecinos; líneas estratégicas ofensivas y defensivas apoyadas en la topografía de los países, ó en la disposicion de las fortificaciones.
25	1 / 8.000.000	14.300 pies ó 4 kilómetros. . . .	3.°—Reduccion en ciertos casos de los mapas anteriores. Mapas de consulta en lo tocante á datos generales.

9.°—MAPAS GENERALES.

Numeracion general.	Denominacion abstracta de las escalas.	Se puede apreciar.	Empleo.
26	1 / 20.000.000	36.600 pies ó 10 kilómetros. . .	1.°—Mapas de una parte del Mundo. Id. generales de la tierra ó mapa-mundis. Planisferios celestes.
27	1 / 40.000.000	20 kilómetros ó 2 miriámetros..	2.°—Sistema planetario. Construccion de las proyecciones apropiadas á la confeccion de globos terrestres y celestes.

Solo nos resta advertir para dar por terminada esta seccion, que la columna que contiene la indicacion de las menores dimensiones que pueden ser apreciadas por medio de cada escala, segun su denominacion correspondiente, es solo aproximada, espresando números redondos y no exactos, en razon de que su objeto es indicar límites de magnitud, cuya importancia es solo relativa.

Sabemos que la relacion del pie con el metro es:

$$\text{Pie} = 0{,}278635.$$

La décima de pie valdrá pues. 0,027863
La centésima. 0,002786
La milésima. 0,000278;

resulta por consiguiente en general, que la doble milésima es un poco mayor que el medio milímetro, cuya cantidad se tiene por muy apreciable con el compás, siendo esta la base de que nos hemos valido para establecer por aproximacion los números de la columna indicada, considerando inútil consignar los valores exactos que pueden fácilmente deducirse de las relaciones anteriores si se creyere necesario.

EMPLEO SIMULTÁNEO

DE DIFERENTES ESCALAS PARA LA MISMA PROYECCION.

En todo lo que precede hemos supuesto que una sola y misma escala servia para valuar las estensiones distintas de una misma proyeccion.

Sabido es que se llama proyectar un objeto, á dibujarlo tal como se vé mirado por encima, ó segun las verticales de sus puntos, ó bien visto de costado en direccion horizontal.

En el primer caso la imágen se forma en un plano horizontal, en el segundo en otro vertical y de aquí, el que se llame proyeccion horizontal á la primera y proyeccion vertical á la segunda, resultando que las unas espresan las distancias horizontales entre los puntos segun la escala del dibujo, y las otras sus alturas sobre un plano horizontal.

Sucede sin embargo con frecuencia, que para una misma proyeccion vertical, las dimensiones en longitud y en altura pertenecen respectivamente á escalas diferentes. La escala de las alturas es ordinariamente mayor y con frecuencia múltipla de la otra, á fin de hacerlas más sensibles sin dar al perfil una estension desmesurada; de este modo se procede en los cortes geológicos, en los perfi-

les longitudinales para el proyecto de los caminos, de los canales y navegacion de los rios, de las capitales de las obras de fortificacion y de las prolongaciones de sus caras (para juzgar de los puntos peligrosos del terreno), y de cualquiera otra línea de nivelacion de una longitud considerable. Las dos escalas se trazan casi siempre la una al lado de la otra sobre el plano vertical del perfil, pero seria mucho más conveniente en estos casos, disponerlas en ángulo recto indicando en la escala base las dimensiones de longitud horizontal y sobre la perpendicular, las alturas verticales.

Esta necesidad imprescindible por lo conveniente en las circunstancias que hemos espresado, ha hecho nacer la idea de aplicar el mismo procedimiento á los perfiles topográficos, y á la construccion de planos en relieve, lo cual no deja de tener sus inconvenientes.

La topografía con sus grandes escalas, y su espresion puramente geométrica, puede sacar gran partido de los relieves, sobre todo para la enseñanza. La comparaçion de uno de ellos con su plano geométrico acotado, ó á la inversa, puede ser más provechosa que muchas esplicaciones. Las pendientes permaneciendo las mismas que en la naturaleza, á pesar de la reduccion de los modelos, hacen que la idea formada por ellos concuerde exactamente con la del terreno verdadero que representan, facilitando por la comparacion el análisis de los planos.

Perderíase inmediatamente esta ventaja, si como suele

ser impremeditadamente la costumbre, se exageran los relieves hasta dar á veces á los puntos cuádruple altura que la que tienen realmente, conservando al mismo tiempo las distancias horizontales verdaderas. En este caso las pendientes en el modelo son cuádruplas de las naturales y cuando una superficie no se compone de otra cosa, fuerza es formarse una idea falsa del objeto que representan, comparable solo á una caricatura. Y he aquí tambien que se desprende naturalmente el por qué no es conveniente el relieve en las escalas geográficas, en la necesidad de optar ó por no percibir el objeto, si se ha de determinar geométricamente, ó de presentarlo completamente deformado.

La geología, que no investiga precisamente las formas de las superficies y que casi esclusivamente se ocupa de la constituccion interior de los terrenos, puede sacar gran ventaja de exagerar las alturas en sus perfiles, porque de otro modo no seria dable el reducir su longitud; pero se comprende fácilmente de lo espuesto, que la topografía no puede admitir esta licencia.

Sucede, sin embargo, á pesar de todo, que es inevitable el no usar de dos escalas casi en la mayor parte de los planos. En efecto, hemos visto que ya en la escala de $\frac{1}{5000}$ solo podemos apreciar con seguridad magnitudes de 2,50 metros, valor de $\frac{1}{2}$ milímetro efectivo: esta longitud es bien pequeña tratándose de la superficie del terreno, pero es ya muy considerable con relacion á los objetos

naturales y obras de arte existentes y que son de un interés grandísimo; debemos, sin embargo, admitir que puede ejecutarse la proyeccion exacta de todos ellos.

En la escala de $\frac{1}{10.000}$ ya empieza á suceder otra cosa; en ella solo podemos contar con seguridad con la apreciacion de magnitudes de 5,00 metros, lo cual es bastante para calles de arbolado, jardines y cierta clase de caminos: los árboles supuestos de 5 metros de diámetro aun pudieran proyectarse, pero sucederia que cubririan del todo las avenidas en que se plantan y aun el espacio de 12 metros, que es el asignado á las grandes carreteras, oscureciendo una de las partes más interesantes de los planos: como esto es inadmisible y lo mismo el dejar de indicar las plantaciones, se sigue que es preciso disminuir la escala general y señalar únicamente por puntos gruesos los árboles en estas circunstancias: fuera de ellas se hace por el contrario indispensable exagerar la proyeccion de los mismos en los espacios que aparecen de bosque y matorrales, en razon de la conveniencia y facilidad en llenar con prontitud y bien marcadamente estos espacios.

Mucho más sensibles se harán como es consiguiente estas exigencias del dibujo refiriéndonos á la escala de $\frac{1}{20.000}$ estendiéndose las más de las veces á otra porcion de objetos, como casas y monumentos aislados, puesto que es de 10 metros ó un decámetro, la menor magnitud que podemos trasladar con confianza.

En las escalas de $\frac{1}{40.000}$ y $\frac{1}{80.000}$ basta decir que además de todo esto es indispensable atribuir valores convencionales á la anchura de toda clase de caminos, canales, etc. y de la mayor parte de las calles de las poblaciones.

Sabido es que en las demás escalas la proyeccion de las poblaciones, caminos, canales, etc. ocupa siempre un espacio mayor en los planos que el que tienen realmente.

Todo esto dá orígen imprescindiblemente á la admision de los signos convencionales, cuyo objeto verdadero es suplir la proyeccion real de ciertos objetos con otras más ó menos aproximadas segun los casos, pero sujetas siempre á otra escala que la general del dibujo y con la doble condicion, de que las proyecciones que resulten, sean semejantes en lo posible y proporcionales á la magnitud relativa de los objetos que sustituyen, verificándose además que aun los signos más pequeños sean de una percepcion fácil en medio de los detalles de la proyeccion general, pudiéndose leer en ellos todas las particularidades que los distinguen. Iguales observaciones pudiéramos hacer respecto de la escritura, puesto que completa las convenciones con la disposicion, forma y tamaño de los letreros.

No entraremos, sin embargo, en más detalles sobre este asunto interesante, puesto que es el objeto de la *Coleccion de signos convencionales*, publicada en 1849, usada para los planos y mapas en nuestro Cuerpo, y en cuya formacion hemos tomado parte. Tambien las particularidades á que nos hemos referido con respecto á la sucesiva desaparicion

de los detalles naturales ó artificiales de los planos y mapas segun el órden de las escalas, pueden observarse en la seccion topográfica y particularmente en la Cartilla de objetos, perteneciente á la coleccion general sobre el dibujo geométrico que existe en nuestro Museo, en cuyo trabajo fuimos en gran parte auxiliados por los Alumnos de la Academia cuando dirigiendo la clase de ejercicios gráficos, nos fué encomendada su formacion con la idea de que sirviera de tipo para la enseñanza, ofreciendo la particularidad esta coleccion, que en los modelos ó cuadros topográficos se ha seguido estrictamente como ejemplo, el sistema de escalas decimales que dejamos anteriormente propuesto.

ESCALAS DE PENDIENTE.

Las escalas geométricas de que hemos hablado hasta ahora, sirven para valuar las dimensiones en longitud y latitud de las proyecciones horizontales á que se aplican, y conocer las alturas relativas de los puntos en los perfiles y vistas verticales, ó en general para medir las proyecciones.

Toda distancia, pues, ya sea horizontal ó vertical entre los puntos de un plano, puede ser valuada en números que se refieran á una unidad de medida, y por lo tanto se sigue que si escribimos estos números sobre las proyecciones, podremos dispensarnos de hacer uso de la escala.

Si tenemos en efecto (lámina 2, figura 7), dos puntos *A* y *B* y los números escritos espresan metros, podemos leer desde luego que la distancia horizontal entre ellos es de 10 metros, que el *B* está á 5 metros de altura y el *A* á 15, distinguiendo con un paréntesis estas últimas cifras.

Acostúmbrase, sin embargo, para no llenar un dibujo de números, *acotar* únicamente las alturas de algunos puntos sobre el plano fijo de proyeccion, y valuar por medio de la escala general las distancias horizontales gráficamente espresadas en los planos.

Este término medio de representacion geométrica ofrece grandes ventajas sobre el sistema gráfico esclusivo, en numerosos casos de la práctica, pues basta la proyeccion horizontal así acotada para juzgar de la índole y posicion de los objetos que comprenda, evitándonos el establecer la proyeccion gráfica vertical de los mismos, lo cual vamos á hacer ver por medio de algunos ejemplos que sucesivamente vayan desenvolviendo esta sencilla manera de dibujo en la parte que tiene relacion con nuestro principal objeto, pues en cuanto á la teoría general, remitimos al *Complemento de la Geometría descriptiva* que escrito bajo esta base hemos publicado en 1850 y sirve de texto en nuestra Academia.

El uso de las escalas de pendiente, cuyo objeto general es conocer y medir la inclinacion de las líneas ya estén aisladas ya pertenezcan á una superficie, tiene grandes aplicaciones; por ahora solo indicaremos las escalas que se re-

fieren á las superficies regladas, pues solo estas pertenecen á la clase de las de partes iguales que nos ocupa actualmente.

Sea *A B* (figura 8) la proyeccion de una recta y *A' C B'* el abatimiento del plano vertical que la contiene; supongamos tambien para evitar líneas, que la horizontal *A' C* espresa con sus divisiones la escala horizontal del dibujo en una estension igual á 160 metros.

Si valiéndonos de esta escala medimos la proyectante *C B'* hallaremos que tiene 40 metros de altura y que esta es cero en el punto *A'*: la inclinacion, pues, de la recta propuesta ó su relacion entre la base y la altura será de $\frac{40}{160}$ ó de $\frac{1}{4}$: podrá, pues, ser establecida la escala de pendiente de la recta indicada sobre su proyeccion *A B*, dividiendo la distancia *A B* en cuatro partes iguales, poniendo en cada division el número que indique su altura respectiva.

Como podemos aplicar igual raciocinio á la parte *A*—10 podremos dividir esta distancia en el número de partes iguales que queramos: en la figura se ha llevado la division hasta espresar un metro de diferencia en altura. Tenemos, pues, establecida la escala de pendiente de la recta propuesta, la cual la definirá á la vez completamente, puesto que no puede pertenecer á otra recta ninguna. Si trazada la escala de pendiente de una recta, queremos por la inversa saber el quebrado que espresa su inclinacion, mediremos en la escala horizontal ó de la proyeccion, el número de

partes que entran en una cierta estension de su proyeccion horizontal, la (20—30) por ejemplo, y hallaremos que son 40: como segun la misma escala los puntos estremos de esta distancia difieren en 10 unidades, resultará que la inclinacion es de $\frac{10}{40}$ ó de $\frac{1}{4}$, como es efectivamente.

Si quisiéramos conocer la altura que tiene un punto cualquiera (*D*) llevaremos la distancia (20—*D*) sobre las subdivisiones de la escala de pendiente, y como vale cinco unidades, deduciremos que al punto propuesto le corresponden 5 metros de altura, sobre los 20 del punto anterior, ó sean 25 en total con respecto á la horizontal *A C* que está á cero.

Vemos, sin embargo, que la proyeccion de una parte de recta es menor que su magnitud verdadera, cuando no es paralela al plano en que se proyecta, y por lo tanto que no podemos medir directamente esta magnitud por medio de la escala.

Es, no obstante, fácil deducirla, puesto que la distancia entre dos puntos y la diferencia de su altura, son conocidas numéricamente, forman los catetos de un triángulo rectángulo y sabemos que el cuadrado de la hipotenusa ó magnitud buscada, es igual á la suma de los cuadrados de los catetos, ó sean las distancias horizontal y vertical referidas.

Del mismo modo podríamos conocer la inclinacion y magnitud de cualquiera recta, trazada en una superficie reglada, que estuviese acotada verticalmente en dos de sus

puntos; pero como sucede que esta inclinacion es uniformemuchas veces, siendo en general iguales en pendiente lasíneas rectas tiradas del mismo modo en una superficie, se sigue que una sola y misma escala podrá servir en muchos casos para todas ellas, tomando entonces el carácter de verdadera escala de la superficie.

En efecto, sabemos, tratando este problema en general, que las superficies regladas se espresan geométricamente por medio de las proyecciones acotadas de sus directrices y generatrices: esto sentado, si suponemos que sea un plano la superficie que tratamos de determinar por este medio, tomarémos por directriz y generatriz del mismo, sus líneas de máxima y mínima pendiente; como estas líneas son recíprocamente perpendiculares, proyectándose del mismo modo, por ser las segundas horizontales ó sin inclinacion, se sigue que con solo establecer la escala de pendiente de la recta directriz, la superficie plana quedará completamente determinada, puesto que podemos conocer la inclinacion de cualquiera recta trazada en ella, y además asignar la altura que le corresponda á cada uno de sus puntos.

Sea la *C D* (figura 9) la horizontal generatriz de un plano y *A B* su línea de máxima pendiente ó directriz; la inclinacion de esta recta será por lo espuesto anteriormente la que espresen con relacion á la escala del dibujo, dos números (5 y 25) de su proyeccion.

Si en un punto cualquiera del papel establecemos la es-

cala $A'\ B'$ de esta línea, el plano y por consiguiente todas las líneas que comprende quedarán determinadas con relacion á sus inclinaciones.

En efecto, si suponemos que la escala horizontal del dibujo coincide con la escala de pendiente establecida, la inclinacion máxima del plano con respecto al horizontal estará espresada por $\frac{20}{20}$ ó $\frac{1}{1}$, lo cual quiere decir que es de 45°.

Las inclinaciones de las rectas $F\ G$ y $H\ I$, trazadas á arbitrio en el plano, nos serán tambien conocidas, puesto que conocemos en cada una dos puntos de altura, tales como los espresados por las horizontales 5 y 25.

La altura de un punto cualquiera tambien podrá ser determinada, pues será la misma que pertenezca por la escala del plano, á la horizontal 7,50 que lo envuelve.

No siempre se verifica que un plano esté dado de una manera indefinida como en el ejemplo anterior hemos supuesto; por lo regular en la práctica solo se presentan porciones limitadas de planos, determinados por trozos de líneas paralelas ó que se cortan entre sí ó bien parten de un mismo punto, produciendo caras de cuerpos poliedros.

En estos casos es inútil las más de las veces proceder á determinar la escala indefinida de cada uno de los planos, puesto que todos ellos estarán suficientemente definidos por las de las líneas ó aristas que los forman ó circunscriben.

El plano, en efecto determinado por las dos rectas

paralelas *A B* y *C D* (figura 10), cuya inclinacion idéntica está espresada por las cotas igualmente equidistantes 5—10, queda desde luego definido por estos mismos trozos de recta, puesto que hasta podemos espresarlo de unamanera general con solo tirar las horizontales 5—5 y 10—10 y trazar la escala de pendiente como indica la figura.

Lo mismo podemos decir (figura 11) de las dos rectas 5—15 que se cortan en elpunto 5: la horizontal 15—15 nos es conocida desde luego, de manera que tirándole una paralela desde el otro punto 5, nos resultará la escala general 5—15 del plano que ambas rectas determinan, pudiéndose designar la horizontal 10 ú otra que nos sea necesario, valiéndonos de la escala espresada, ó bien trazando simplemente la escala natural de una de las líneas matrices.

Nótase, pues, cuán fácil nos es definir por medio de este sistema un prisma, una pirámide ó un poliedro cualquiera, y leer ó determinar sobre la figura sus condiciones y particularidades.

La figura 12 se refiere á una pirámide cuya base es horizontal y cuya cúspide está á 19 metros de altura sobre ella.

La figura 13 espresa un paralelepípedo, puesto que es 28 la diferencia constante entre las dos cotas estremas de todas sus aristas, resultando tambien de aquí el ser planas y paralelas sus dos bases opuestas.

El poliedro de la figura 14 presenta la particularidad

de ser horizontal su arista superior acotada con el número 60.

Sabido es que las lineas de puntos representan las partes encubiertas.

Igualmente sencillo es el análisis y la lectura de una combinacion de prismas ó poliedros espresados gráficamente.

La figura 15, lámina 3, comprende un prisma *A B* cuya base horizontal está situada á la cota 0,0, siendo horizontales tambien todas sus aristas, estando á diferentes alturas segun indican las cotas fraccionarias. La estremidad izquierda está terminada en una cara oblícua segun la escala *E* de su plano correspondiente, y la derecha por un plano vertical cuya traza es la recta *B*.

A este primer prisma *A B* aparece unido un segundo prisma *B C*, el cual si bien tiene todas sus aristas superiores horizontales y á las mismas alturas á que están las del prisma anterior *A B*, presenta la particularidad de que su base es inclinada segun lo espresan sus cotas 0,0—2,50 —2,50 y 0,0 que forman un cuadrilátero irregular.

Este segundo prisma *B C* está terminado por la derecha por un plano oblicuo cuya escala es *E'* análogamente al primero por la izquierda, resultando la seccion vertical en *B* idéntica para ambos ó como base comun de los mismos.

Fácilmente se advierte que las diferencias entre los dos

prismas *A B* y *B C*, dependen de que el conjunto está situado sobre dos planos que se cortan segun la línea *B*, siendo el uno horizontal é inclinado el otro, y que el ser negativas las cotas inferiores del *B C* proviene de haberse elegido como plano de comparacion para contar las alturas la base horizontal del prisma *A B*, particularidad que está á nuestro arbitrio hacer desaparecer, convirtiendo en positivas todas las cotas con solo suponer inferior á todas el plano de proyeccion. Si este pasase por la línea —2,50 por ejemplo, esta quedaria acotada 0,0, creciendo las cotas de las demás aristas en 2,50, sin que esto envolviese perturbacion alguna en la figura.

Al frente de estos dos prismas en relieve, aparece otro en escavacion cuyo fondo es horizontal y está al nivel de las líneas —2,50—2,50.

Bien se vé que en la figura anterior hemos analizado un ángulo de fortificacion de campaña con su foso correspondiente, puesto que la base constitutiva de todos los prismas representados, está determinada por el perfil de la izquierda perteneciente á este género de obras, siendo *b* la banqueta y *c* la cresta ó línea de fuegos del parapeto.

Tampoco es complicado el caso en que las superficies regladas sean curvas.

Si fuesen las líneas curvas *A C B* acotadas cero (figuras 16 y 17) las trazas de un cilindro y de un cono sobre un plano horizontal, y *C D* la escala de pendiente de una de sus generatrices, una simple construccion fundada en las

propiedades de las líneas proporcionales, nos dará á conocer cómo espresan las figuras no solo la inclinacion de todas las generatrices, sinó tambien la altura de cualquier punto *E* de la superficie.

Sean, por ejemplo, las generatrices *C D* las que queremos definir por medio de sus escalas particulares; como en el cilindro son paralelas las generatrices y en el cono pasan todas por el vértice, se sigue que tanto las *C D* y *C' D'* en el uno, como las *C D* y *C' D* en el otro, se hallan en un mismo plano, y por lo mismo que uniendo los puntos *C* y *C'* con las rectas *C C'* la série de paralelas á ellas que se apoyen en la escala *C D* conocida, nos determinarán con toda facilidad en las generatrices *C' D* las escalas particulares que buscamos.

Si fuese un punto aislado *E* el que quisiéramos conocer por su cota ó altura correspondiente, haríamos pasar por él la generatriz *C''* que lo comprende; las rectas *C C''* quedarán determinadas y por lo tanto sus paralelas *E*, resultando las cotas (10) y (17) que tratábamos de encontrar relativas al punto propuesto en cada una de las superficies.

No presentan tampoco más dificultades para su espresion gráfica las superficies que aunque regladas toman en geometría el nombre de gauchas, por aparecer como alabeadas ó retorcidas de cierta manera.

Sabido es que estas superficies resultan, al resbalar una línea recta apoyándose sobre otras dos que no están en un mismo plano, ó bien sobre una recta y una curva

ó en dos curvas cualesquiera en el espacio, á condicion de permanecer la recta generadora paralelamente á un plano que se llama director por esta causa, ó sujetándola á ser normal á una de las curvas directrices, ó á alguna otra circunstancia precisa que fije la posicion de la referida recta generadora.

Las figuras 18, 19 y 20 representan superficies de esta clase.

La 18 está dada por dos rectas *A B* y *C D* acotadas como se vé, que sirven de directrices á una recta generatriz *F G*, que se apoya en ambas, manteniéndose horizontal. La curva *Y H L*, tangente á todas las generatrices, forma el contorno horizontal aparente de la superficie.

En la figura 19 son análogamente directrices las dos rectas 34—46 y 10—35, que se cruzan en el espacio quedando la una por encima de la otra, como lo denota el no ser igual la cota para ambas en el punto de interseccion de las proyecciones.

La generatriz es la recta 10—50 que resbala sobre las dos rectas anteriores, y se mantiene paralela á un plano, dado por la escala 0—50.

En la figura 20 la generatriz se apoya en dos curvas horizontales distantes entre sí verticalmente cinco unidades, coincidiendo con las posiciones sucesivas del plano normal á la curva más alta.

Estas superficies difieren de las anteriores el cono y el cilindro, aunque ambas secciones están igualmente en-

gendradas por la línea recta, en que dadas dos de las posiciones de la generatriz en las gauchas, no resultan en el mismo plano como sucede en las otras. La razon es sencilla: como las directrices ó sus elementos prolongados si son curvas, se cruzan en el espacio, se sigue que cada una se halla precisamente en diferente plano: al apoyarse la generatriz á la vez en ambas directrices y recorrer un cierto espacio, apropia, por decirlo así, á la superficie que engendra dos elementos lineales de aquellas, situados en planos distintos, produciéndose una torsion continua.

Se sigue de aquí que para acotar estas generatrices no podemos usar del procedimiento de las líneas proporcionales, ó el de repetir la misma escala como hemos hecho antes, sino que hay que acotarlas separadamente, á partir de las dos cotas que resultan conocidas para cada una, por ser puntos de las directrices en que suponemos se apoyan.

Síguese de aquí tambien otra notable diferencia, y es que estas superficies gauchas no pueden ser estendidas sobre un plano sin que resulten pliegues y roturas, á la inversa de las otras, que pueden ser desarrolladas sin inconvenientes, puesto que son planos sus elementos.

Vemos, pues, con cuánta facilidad pueden definirse geométricamente por medio de diferentes escalas, los puntos geométricos, ya estén aislados ó combinados formando líneas ó superficies regladas, ya sean estas planas ó de aspecto complicado y difícil como acontece en las gauchas.

Todavía, sin embargo, se introduce una gran simplificacion al representar en dibujo los objetos, deducida de las mismas condiciones y datos que ofrecen estos, que podemos llamar esqueletos geométricos; consiste en la sencillez con que pueden unirse por una línea y ostensiblemente, los puntos que en las superficies tengan igual cota ó altura.

En los planos, como hemos visto en la figura 9 correspondiente, las rectas perpendiculares á la escala, envuelven desde luego esta condicion siendo como son horizontales; sin que sea más difícil hacer esta operacion en las superficies regladas en general, uniendo entre sí por medio de una línea, que será curva comunmente, los puntos de igual cota de varias de sus generatrices, como hemos indicado en la superficie gaucha (figura 19) en la que resulta una parábola de unir entre sí los puntos de cota (16) en las generatrices.

Bien se vé que esto es un equivalente á suponer cortadas las superficies por una série de planos horizontales, pudiéndose presentar en el dibujo la proyeccion de estas intersecciones, prescindiendo de las demás líneas que pueden mirarse como de construccion para establecer la verdadera imágen geométrica del objeto.

Para mayor facilidad se supone en la práctica, que los planos que causan las secciones son equidistantes.

Analicemos como ejemplo el poliedro de la lámina 4, figura 21.

Desde luego se advierte que está dado por su proyec-

cion gráfica horizontal y las cotas de altura de todos sus vértices: las rectas que unen directamente estas cotas son necesariamente las aristas ó intersecciones mútuas de sus caras: si tomamos una de estas aristas, la 65—92 por ejemplo, y construimos su escala de pendiente suponiendo que las cotas espresan metros, tendremos cortada la recta anterior en trozos de 4 en 4 metros por la numeracion de la figura.

Si hacemos lo mismo con la arista 53—92, y unimos los puntos de igual cota por rectas, estas serán horizontales, espresando las intersecciones de la cara ó plano 53—65—92 con una série de planos horizontales cuya equidistancia es de 4 metros.

Vemos en la figura que el conjunto de estas secciones define completamente el poliedro.

Claro es tambien que estas mismas secciones pueden ser verticales, con solo suponer que el poliedro se vé de frente y no por encima, pues entonces resultará proyectado sobre un plano vertical y las cotas, en vez de espresar alturas, indicarán distancias horizontales al plano vertical de proyeccion.

La superficie parabólica (figura 22), es la misma superficie gaucha cuyo esqueleto establecimos anteriormente en la figura 19, determinando la seccion horizontal (16) ó *P L M*. La parte de puntos sabemos que indica la superficie oculta á la vista ó encubierta.

Se ve tambien claramente, que la figura 23 espresa la

penetracion mútua de dos pirámides, de las cuales la (50) tiene su base horizontal, siendo inclinada la de la (35).

Al mismo tiempo se advierte cuán fácil es hallar la mútua interseccion entre varias superficies definidas por sus secciones horizontales, puesto que los puntos de encuentro serán los mismos en que se intersequen sus líneas de igual cota, en razon de existir cada série de ellas en el mismo plano horizontal.

Debemos hacer notar además, que esta manera de proyeccion es equivalente á establecer el dibujo de los objetos por medio de sus líneas horizontales de curvatura, lo cual no puede menos de hacerlos aparecer completamente á la vista tales como son, por poco acostumbrado que se esté al dibujo geométrico.

DE LAS ESCALAS CIRCULARES.

Las escalas circulares sirven para la medicion de los espacios angulares; sabido es que la base de estas mediciones es la circunferencia trazada desde el vértice del ángulo por centro. Como todas las circunferencias de círculo son semejantes siendo proporcionales con los radios, se sigue que cualquiera de ellas será á propósito para efectuar estas medidas, con tal que estén todas divididas en el mismo número de partes iguales.

Toda circunferencia de círculo, cualquiera que sea su

radio, se la considera por lo tanto dividida en 360 partes iguales que se llaman grados, cada uno de estos en 60 minutos y cada minuto en 60 segundos. Esta subdivision no es arbitraria por estraña que parezca; está intimamente ligada con la subdivision análoga del tiempo, produciendo tan grandes ventajas esta correlacion, que en vano se ha intentado el cambiar la subdivision anterior de la circunferencia.

Una de las cosas más difíciles de variar, es la subdivision establecida del tiempo, y tanto, que constantemente ha vuelto á caer en desuso la division de la circunferencia en 400°, y 100° el cuadrante, siempre que se ha tratado de restablecerla, pues realmente es de todo punto inconveniente.

Para juzgar de esto, solo recordaremos que la tierra da una vuelta completa al rededor de su eje en 24 horas ó un dia sideral; si la circunferencia descrita por uno de sus puntos está dividida en 360°, se verificará que la tierra habrá recorrido en una hora sideral ó $\frac{1}{24}$ de dia, $\frac{1}{24}$ de 360°, ó lo que es lo mismo, 15°. En un minuto sideral recorrerá un arco 60 veces menor ó de 15 minutos y análogamente de 15 segundos en un segundo sideral. Si la circunferencia está dividida en 400°, corresponderán ya 16°,660 por hora, y de aquí otras fracciones igualmente complicadas para las otras divisiones de tiempo, cosa inadmisible, puesto que es indispensable conservar una relacion tal entre el tiempo y la division de la circunferencia, que nos

proporcione con facilidad convertir los grados minutos y segundos angulares, en horas minutos y segundos de tiempo y á la inversa, estando indudablemente la ventaja por el número 15, que envuelve estas relaciones tanto en detal como en conjunto.

Así es que adoptamos desde luego la division de la circunferencia en 360 grados, cada cuadrante en 90, un grado en 60 minutos y cada uno de estos en 60 segundos, que es lo sancionado, sin admitir otra subdivision en este punto.

Segun lo espuesto, se ve desde luego el modo de graduar estas escalas como espresa la figura 24. En la parte *A B* están escritos los grados desde cero á 180; en la *A' B'* los restantes hasta 360: la parte *C D* comprende la escala complementaria difiriendo su graduacion en 90 grados de las *A B* y *A' B'* espresadas anteriormente, lo cual es muy útil en varios casos, y finalmente, se ve que la misma graduacion puede referirse á una regla rectangular *E F* resultando una escala de partes desiguales, de las que más adelante trataremos.

ESCALAS DOBLES COMBINADAS.

Habiendo llegado á este punto, vamos á hacer mencion de la manera de combinar dos escalas, tanto rectas como circulares, para obtener fácilmente y con seguridad el va-

lor de las partes ó fracciones que por pequeñez no pueden ser espresadas gráficamente.

Consiste este medio en el empleo del *nonio*, cuyo objeto es apreciar fracciones de division no marcadas en las escalas precedentes.

En las escalas circulares se reduce á un arco de círculo a (figura 25) de un cierto número de grados, concéntrico al limbo principal $A\ B$, y que se divide en una parte más que su correspondiente, teniendo la propiedad de girar sobre el centro comun para adaptarse á todas las posiciones.

De aquí resulta, designando por D y d las graduaciones del limbo y del nonio, y por n el número de divisiones de éste, que

$$n\,d = (n+1)$$

de donde

$$d = \frac{n-1}{n}\,D = D - \frac{D}{n} \quad \text{y}$$

$$D - d = \frac{D}{n}:$$

así, pues, cuando coincidan los dos ceros del nonio y del limbo, las dos divisiones (1) estarán separadas de la cantidad $\frac{D}{n}$: las (2) de la $\frac{2\,D}{n}$, etc., y recíprocamente cuando coincidan las (1) ó las (2) etc. los ceros estarán separados de $\frac{D}{n}$, de $\frac{2\,D}{n}$ etc. Observando, pues, qué division del nonio coincide más con una del limbo, se multiplicará el número que espresa esta division por $\frac{D}{n}$, y el producto se aña-

dirá al número de grados que se puedan leer en la graduacion del limbo.

Supongamos, para hacer una aplicacion, que tenemos (figura 26) un semicírculo graduado provisto de una regla $O\ O'$ que puede girar al rededor del centro comun O, arrastrando en su movimiento al nonio $a\ b$ invariablemente unido á ella, y que tratemos de medir la amplitud del ángulo dado $A\ O\ B$.

Hagamos coincidir el lado $A\ O$ con el cero y el centro del semicírculo graduado, y movamos la regla que lleva el nonio hasta que su canto caiga exactamente sobre $O\ B$, como espresa la figura; el ángulo dado valdrá, pues, 65° y una fraccion $r\ s$ de los 5° siguientes. Vamos á apreciar esta fraccion por medio del nonio. Conteniendo este cuatro divisiones del semicírculo graduado ó 20°, y siendo cinco las suyas para el mismo espacio, cada una de estas valdrá 4.° y la espresion $D - d$ ó $\frac{D}{n}$ será igual á 1°; y como observamos ahora que la division del nonio que más parece coincidir con otra del semicírculo es la segunda, la fraccion $r\ s$ será igual $1° \times 2 = 2°$; cantidad que habrá que añadir á los 60° para obtener el valor del ángulo propuesto; este, pues, será de $65° + 2° = 67°$.

Bajo el supuesto de que la amplitud $a\ b$ represente un grado, como está dividida en cinco partes, cada una valdrá 12′, y una division de las cuatro del semicírculo contendrá 15′, resultando de 3′ la diferencia correspondiente, como factor de las coincidencias.

Pueden tambien construirse nonios en línea recta para unirlos á una escala ordinaria, con el objeto de apreciar fracciones de division que esta no contenga. El principio será siempre el mismo; se tomará para el nonio (figura 27) una longitud que comprenda un cierto número de divisiones de la escala-regla, y se dividirá en una parte más que aquella: cuando coincidan los estremos ó bien los ceros de la escala y del nonio, las dos primeras divisiones ó los (1) estarán separados de $\frac{D}{n}$, las dos siguientes ó los (2) de $\frac{2\,D}{n}$, etc. Supongamos que la regla-escala $A\,B$ está dividida en centímetros y que se han tomado 7 de estas partes para dividirlas en 8 en el nonio: $\frac{D}{n}$ será igual á $\frac{0{,}07}{8}$: y si las dos divisiones 4 coincidiesen al tomar una medida, los ceros ó estremos de la regla y nonio estarán separados entre sí de la cantidad $\frac{4 \times 0{,}07}{8} = \frac{0{,}28}{8} = 0{,}035$ milímetros.

Una feliz aplicacion á este objeto, ha sido tambien la de darle movimiento á un *índice* por medio de un tornillo llamado micrométrico.

Se comprende perfectamente, que si valiéndose de una rosca de paso reducido, se produce un movimiento sumamente lento en su índice ó indicador, pudiéndose contar las vueltas enteras y sus fracciones, necesarias para llegar á una coincidencia, graduando al efecto la cabeza suficientemente ancha del tornillo, llegaremos á apreciar con facilidad diferencias de division que de otro modo no sería en manera alguna posible.

SOBRE LAS ESCALAS

DIVIDIDAS EN PARTES DESIGUALES.

Al tratar de las escalas circulares, hemos presentado ya un ejemplo de escala dividida en partes desiguales, la cual, aunque recta, no por esto deja de ser rigorosamente geométrica, ni de medir los grados lo mismo que los arcos de círculo.

Otro género de estas escalas se nos ofrece tambien en los marcos de los mapas geográficos, en los que se anotan los grados que abrazan las trazas de los meridianos, los

paralelos y las perpendiculares á la meridiana, relativos al espacio que comprenden. Estas divisiones crecen ó decrecen segun la magnitud diferente de los grados del esferóide terrestre, siendo tambien distintas segun el método de proyeccion empleado. Los meridianos y paralelos terrestres, cruzándose entre sí, forman además en el interior del marco, una cuadrícula curvilínea desigual, que no es realmente otra cosa que la escala de proyeccion de la superficie que aquellos representan. Prescindiremos, sin embargo, por ahora de esta clase especial de escalas, pues por su importancia merece ser tratada en una seccion aparte, segun hemos indicado en el prólogo.

Nos ocuparemos, pues, únicamente de la otra seccion espresada, empezando por las escalas particulares de curvatura.

ESCALAS PARTICULARES DE CURVATURA.

Solo vamos á hacer aquí una ligera reseña de estas escalas.

En general no es posible sujetar á escala uniforme, como sucede en las rectas, la sucesion de las alturas de los puntos pertenecientes á una curva, por no guardar una relacion ni determinada ni constante las estensiones de las proyecciones horizontales de dos arcos de curva, con sus magnitudes verdaderas. Si concibe fácilmente que una

misma proyeccion horizontal puede convenir á una multitud de curvas diferentes; y aun cuando inversamente nos fijásemos en una curva determinada, no podríamos decir otra cosa, siendo tan diverso el número de sus proyecciones distintas en curvatura, como posiciones podrian dársele al proyectarla.

Para llegar á un resultado satisfactorio en la representacion de esta clase de lineas por sus escalas verdaderas de curvatura, nos vemos en la precision de sustituirlas por polígonos, que supondremos inscritos ó circunscritos y cuyo conjunto de lados se aproxime tanto á las curvas que representen como nos sea necesario: de este modo, acotando únicamente las alturas pertenecientes á los vértices supuestos de los referidos polígonos, podremos deducir las alturas de los puntos intermedios no acotados, pues los arcos de curva comprendidos entre ellos pueden ser considerados entonces como partes rectas.

Nos hemos referido para espresarnos así, al polígono inscrito ó circunscrito á la curva en el espacio; por lo tanto es menester no perder de vista, que siendo tan variables en curvatura este género de líneas, no basta para definirlas acotar únicamente los vértices del polígono que sustituya la proyeccion horizontal, sino que es preciso anotar tambien en sus lados, los puntos que resulten ser proyecciones de los vértices del polígono equivalente á la proyeccion vertical de la curva, para tener espresados en ambos sentidos sus cambios de curvatura.

Bajo estos principios, la escala *A B* que hemos establecido en la figura 28 espresará una curva de doble curvatura, dándola completamente á conocer la reunion de las escalas rectas parciales como la 6—7, de que se compone la general.

La escala *A B* (figura 29, lámina 5) pertenece á una hélice trazada en una superficie cilíndrica recta de base circular, cuya línea, aunque de doble curvatura, permite por su naturaleza sujetar á una ley uniforme la subdivision de la escala que la representa, resultando por escepcion una escala curva de partes iguales.

Análogamente la escala (10—10) (figura 30), será la indicacion de una curva plana existente en un plano horizontal, la cual, en razon de su índole, carece de escala vertical de curvatura.

La escala (4—8) (figur a31), espresará con su doble anotacion, que se refiere á una curva plana cerrada, como lo demuestran tambien las distancias desiguales que separan los puntos que no difieren sino en una unidad de altura, y que serian iguales si perteneciesen á una línea recta. La uniformidad del crecimiento de estos espacios indica desde luego que la curva será simétrica, una elípse.

Iguales consideraciones podríamos hacer si se tratase de una superficie recta de revolucion, dada por medio de sus escalas de curvatura, ó sea el conjunto acotado de sus líneas generadoras.

La proyeccion *A* (figura 32) con su escala de curvatu-

ra *C D*, espresará una superficie de revolucion recta, compuesta de un cilindro, coronado por un casquete esférico convexo.

La *B* y la escala *E F* (figura 33), denotan una superficie cóncava recta de revolucion tambien, terminada por un plano horizontal cuya altura es 4 sobre el plano de proyeccion.

A partir de estas escalas de curvatura, es muy fácil definir las espresadas superficies de revolucion por medio de sus secciones horizontales equidistantes. Se ve, en efecto, que todas ellas estarán espresadas por circunferencias que pasarán por los puntos de cota uniforme, puesto que están determinados sus radios por la escala gráfica de curvatura y conocido su centro comun.

No siempre es posible, sin embargo, presentar estas superficies de manera que su eje de rotacion sea perpendicular el plano de proyeccion, pero no por eso dejan de ser igualmente definibles por sus escalas de curvatura y espresadas por sus secciones horizontales.

Supongamos un elipsóide de revolucion cuyo eje *A B* es horizontal (figura 34): sea *C* la proyeccion vertical de la elipse generadora y *D* la del círculo que describirá su semieje menor: si cortamos estos perfiles por una série de planos horizontales equidistantes (24—36), obtendremos en las partes interceptadas de las trazas, las magnitudes de los ejes de las elipses que estos mismos planos producen al cortar la superficie propuesta; será fácil trazar por medio

de estos datos, las secciones como indica la proyeccion *A E B F*, pues están implícitamente contenidas en las escalas de curvatura *C* y *D*, en sentido de los dos ejes principales *A B* y *C F*.

No se hallará tampoco más dificultad, cuando se trate de una superficie cualquiera de revolucion cuyo eje de rotacion sea inclinado con respecto al plano de proyeccion; siempre nos será conocida su curva generadora, ó sea la proyeccion paralela á este eje, y por lo mismo los círculos que en sentido perpendicular producirán sus puntos al efectuar la rotacion; estos datos combinados con las trazas de los planos horizontales, que han de producir las secciones, serán suficientes para trazar las curvas resultantes.

CONSIDERACIONES.

Hemos indicado anteriormente, que el proyectar las superficies geométricas por medio de sus secciones horizontales, era equivalente á darlas á conocer por sus líneas horizontales de curvatura.

Tambien hemos dicho, que estas líneas eran necesariamente las líneas de mínima pendiente, puesto que su inclinacion es nula, deduciéndose por contraposicion, que las líneas de pendiente máxima, correspondientes á las mismas superficies, se proyectarán perpendicularmente á estas secciones horizontales.

Síguese de estas sencillas relaciones, que dada una superficie geométrica por medio de sus curvas de nivel, nos es muy fácil definirla tambien por medio de sus líneas de máxima pendiente.

Las figuras 35, 36 y 37 nos presentan diferentes ejemplos; la 35 espresa dos planos que se cortan, ó bien una arista y dos caras de un poliedro: en vez de seguir las líneas de máxima pendiente de arriba á abajo ó de ser continuas, se interrumpen para que no desaparezca la indicacion interesante de las secciones horizontales: se ve en efecto que estas secciones envuelven esplícitamente la acotacion de aquellas líneas de pendiente, constituyendo, para el caso presente escalas de partes iguales, y en general escalas rectas ó curvas y de partes iguales ó desiguales, segun sean las superficies.

La figura 36 se refiere á una esfera; las líneas de máxima pendiente aunque curvas, puesto que son círculos máximos, se proyectan en sentido de los radios, siendo por lo tanto convergentes sus proyecciones hácia el centro: de otro modo no serian perpendiculares á las de las secciones horizontales circulares; estas secciones en el caso que consideramos, determinan en las líneas de máxima pendiente escalas de partes desiguales, que denotan su curvatura uniforme.

La figura 37 representa un cono oblícuo ó cuyo eje es inclinado al horizonte: al sujetar las proyecciones de las líneas de máxima pendiente á ser perpendiculares á las de

las elipses que espresan las secciones horizontales, resulta necesariamente, que á escepcion de dos, son curvas en su totalidad, siéndolo igualmente hasta sus trozos ó elementos parciales, á no ser que se supongan infinitamente próximas las secciones: estas determinan en cada línea de pendiente, su escala particular de curvatura.

Habiendo llegado á este punto debemos hacer varias observaciones interesantes. Al comparar entre sí las dos maneras espuestas de representacion de una superficie geométrica, esto es, por sus líneas de máxima ó mínima pendiente, se encuentran diferencias muy notables. En el caso de estar definida una superficie por sus líneas de curvatura horizontales, la determinacion es completa á pesar de la sencillez de estas líneas, envolviendo todos los datos necesarios para la definicion absoluta de todos sus puntos, además de que el órden ó sucesion metódica de estas secciones, hace aparecer las superficies en imágen, presentando sus formas peculiares á la vista.

No sucede lo mismo con las líneas de máxima pendiente; desde luego es necesario determinar antes las secciones horizontales, puesto que son indispensables para dirigir los trazos, siendo preciso conservar su trazado por medio de la interrupcion de aquellos, descomponiendo así las líneas de pendiente en elementos, pues de otra manera no podemos conocer esplícitamente sus escalas de curvatura, ni presentar por lo tanto definida geométricamente la superficie que representan.

Vemos, pues, claramente, que la determinacion geométrica de las superficies por medio de sus secciones horizontales equidistantes esclusivamente empleadas, lleva grandes ventajas á la espresion por las líneas de máxima pendiente, puesto que estas necesitan la concurrencia de aquellas, ya sea para trazarlas ya para definirlas por sus respectivas escalas de curvatura.

No es, sin embargo, esta complicacion geométrica el inconveniente principal del sistema de trazos; es que á pesar de todo, no produce por sí el resultado verdadero en la espresion aparente de los objetos, sin emplear nuevas convenciones.

Por el contrario, el órden de sucesion, consecuencia precisa del empleo de las secciones horizontales cuando están causadas por planos equidistantes, hace que sus proyecciones se aproximen más unas á otras segun es mayor la pendiente de la superficie que definen, de lo que resulta esta naturalmente sombreada, con relacion á la variable inclinacion de sus elementos.

No se verifica esto con la misma generalidad cuando son las líneas de máxima pendiente las que se emplean aun entendidas del modo que hemos espuesto: la esfera y el cono indicados como ejemplo, nos manifiestan que todas las líneas de máxima pendiente concurren hácia un centro, oscureciéndolo cuando justamente es el espacio más iluminado, siendo además en la esfera el de menos pendiente.

La cuestion, pues, no admite duda geométricamente considerada; la ventaja en la espresion de las superficies, está por el empleo esclusivo de sus secciones horizontales equidistantes.

Casos hay, sin embargo, en que los detalles geométricos son secundarios, importando principalmente el poder juzgar rápidamente de un conjunto de objetos á la simple inspeccion de las figuras, y en estas circunstancias puede ser más conveniente emplear, por escepcion, el dibujo por las líneas de máxima pendiente ó sea por medio de los trazos.

Para llegar, no obstante, por este medio á un resultado que satisfaga, es necesario establecer, como hemos dicho, nuevas convenciones que pertenecen, más bien que á la geometría, al dominio esclusivo del dibujo propiamente dicho, y á los efectos aéreos ó luminosos.

Afortunadamente, la convencion que se emplea es muy sencilla; consiste solo en suponer las líneas de máxima pendiente, ó sean los trazos, más finos y separados cuanto menor es la inclinacion de la parte de superficie que representan, ó lo que es lo mismo, más gruesos y más unidos cuanto mayor es la pendiente.

A esta regla están sujetos, como puede observarse, los trazos que producen el sombreado de las superficies planas y curvas, que acabamos de presentar como ejemplos.

La separacion de los trazos se subordina generalmente á la condicion de dividir primero aproximadamente en

cuadrados, la zona que forman dos curvas contiguas, é intercalar despues el mismo número de trazos en cada uno de estos espacios.

La figura 38 espresa este sistema; se ve en ella que en virtud de esta convencion, los trazos resultan más unidos, cuanto son más cortos ó más se aproximan las curvas, lo cual, como sabemos, indica necesariamente más pendiente en la superficie cuando son equidistantes las secciones, segun hemos supuesto.

Relativamente al grueso progresivo de los trazos, solo diremos que se determina por medio de escalas especiales de intensidad de tintas ó diapasones de sombras, puesto que de esto nos hemos de ocupar con particularidad más adelante.

ESCALAS GENERALES DE CURVATURA.

Hasta ahora solo nos hemos referido á escalas elementales y á su aplicacion para definir ciertas superficies. Se habrá notado, en efecto, que solo nos hemos ocupado de superficies propiamente geométricas, esto es, de aquellas cuya generacion está determinada por las condiciones particulares de sus líneas generadoras.

Esta geometría no es precisamente la geometría de la naturaleza; pero el entendimiento humano, no pudiendo abrazar sino sencillas combinaciones abstractas en armo-

nía con la exígua estension de su mezquino cálculo, ha tenido que crear una geometría convencional, reducida á la concepcion del punto como negacion de toda estension; al movimiento sucesivo del mismo segun leyes ó supuestos determinados para constituir las líneas; y al movimiento ordenado de las mismas segun leyes ó principios establecidos para producir las superficies, y en último resultado los volúmenes; sistema como se advierte metódica y artificialmente combinado.

A pesar del estenso campo que se ha abierto por medio de esta série de especulaciones geométricas, y lo sorprendente de sus aplicaciones, sobre todo las astronómicas, todavía resulta muy poco ó nada, comparado con la grandiosa realidad de formas que el mundo físico nos presenta.

Es un hecho, que ni las líneas, ni las superficies, ni los volúmenes tales como el hombre ha tenido que imaginarlos, existen realmente en la naturaleza, á no ser formando escepcion como sucede en las cristalizaciones.

Nos es, pues, necesario proceder por asimilacion para llegar desde lo vago é indeterminado de las armoniosas formas naturales, á otras que puedan ser definidas segun nuestras limitadas convenciones.

A partir, pues, de lo que nos es ya conocido, y aproximándonos todo lo posible á las condiciones geométricas ó pricipios establecidos, vamos á ocuparnos de la manera de espresar en general las superficies, incluso las naturales, apelando para ello á la ampliacion del sistema gráfico de

escalas de curvatura que hemos desenvuelto, al definir las superficies regulares ó de generacion conocida.

Hemos visto la manera de fijar la posicion y condiciones de un punto, las de una línea ya sea recta ó curva, y hemos procedido á combinar estos elementos para engendrar superficies, determinando hasta sus últimos detalles por medio de sus escalas respectivas; á partir de estos datos geométricos, hemos llegado á espresar con la mayor sencillez estas mismas superficies por medio de sus secciones horizontales equidistantes, y hasta á valernos de las líneas de máxima pendiente para hacer aparecer convenientemente á la vista sus formas efectivas y reales, produciendo ciertos efectos de luz y de dibujo.

Hemos hecho notar cómo se derivan de los datos primitivos las curvas horizontales, y de estas las líneas de máxima pendiente, resultando en consecuencia con gran sencillez un doble sistema de líneas de curvatura pertenecientes á la misma superficie, quedando, por lo tanto, y á la vez geométrica y aparentemente definida.

Este es nuestro verdadero punto objetivo.

Para llegar á este interesante resultado, hemos partido hasta ahora como dato elemental, de la generacion supuesta de las superficies; pero se comprende que igualmente hubiéramos obtenido el fin indicado, habiendo procedido á determinar directa y materialmente sobre la misma superficie sus secciones horizontales, proyectándolas despues ordenadamente segun su cota y formas res-

pectivas; procedimiento general que comprende y es estensivo á todo género de superficies, ya sean geométricas ó naturales.

Supongamos, en efecto, un objeto de forma irregular y arbitraria, sea por ejemplo una piedra ó un guijarro cualquiera: inútil será tratar de aplicarle ley alguna de generacion, ni espresar su superficie por este camino; tan complexas formas pueden, sin embargo, quedar completamente definidas con la mayor facilidad, por medio de las secciones horizontales, las que gráficamente proyectadas, nos proporcionarán un conjunto geométrico de líneas, que nos conducirá con regularidad y precision á la descripcion y al análisis que deseamos.

Propongámonos determinar las formas del volúmen *X* (figuras 39 y 40); si lo situamos invariablemente sobre un plano horizontal que forme el fondo de una caja rectangular *A B C D* en esqueleto, y en una regla *E F* colocamos perpendicularmente un lapicero *g* cuya punta quede á una altura fija, es evidente que al resbalar horizontalmente la regla sobre el bastidor superior del paralelepípedo, la punta ha de trazar sobre el volúmen dado una curva material *g y*, que será su interseccion con un plano horizontal que pase á la altura determinada por la punta.

Si repetimos la misma operacion con otra longitud de lápiz, una nueva curva será producida, pudiéndose proceder así hasta obtener el número de secciones que nos satisfaga.

Suponiendo que el mismo lapicero tenga otra punta superior, ó situada por encima de la regla y que su longitud sea invariable, podrá trazar sobre una hoja de papel horizontal las proyecciones de las curvas que la punta inferior vaya determinando.

Quedará, pues, trazada de esta manera la superficie en cuestion por medio de sus líneas horizontales de curvatura, como espresa en la figura 40 la proyeccion X'.

La figura superior X'' se refiere al mismo volúmen, pero bajo el supuesto de estar cortado por una série de planos verticales, tales como el M N; estas secciones son fáciles de proyectar, puesto que las trazas se convierten, por la acotacion respectiva de las curvas horizontales, en escalas de curvatura de las referidas secciones.

Se advierte fácilmente que las zonas comprendidas entre las curvas horizontales no escapan á la investigacion, en razon de que podémos suponer cada zona como constituida por superficies regladas, gauchas por lo regular, engendradas por una recta que se apoye en ambas curvas estremas siendo normal á la curva superior, ó bien á otra supuesta intermedia. Los trozos de generatiz resultantes A y B (figura 42) estarán acotados en dos puntos 2 y 4, y por lo tanto resultarán conocidos los demás como el 3,15, estableciendo su escala de pendiente con aquel dato; sin poderse decir que estos puntos no pertenecen realmente á la superficie, puesto que somos árbitros de suponer las

secciones horizontales tan próximas como sea necesario, para que la diferencia ó el error sea inapreciable.

Bien se deja conocer que la sucesion de estos trazos constituirá en las superficies irregulares, sus líneas de máxima pendiente lo mismo que en las superficies propiamente geométricas, puesto que en ambos casos los trazos son perpendiculares á todas las secciones horizontales; estas curvas además indicarán la acotacion sucesiva de aquellas líneas de pendiente, convirtiéndolas en verdaderas escalas de curvatura vertical, pues determinan de una manera contínua y ordenada el sitio ó lugar geométrico de las cotas iguales, correspondientes á cualquier línea trazada en la superficie.

Las figuras 43 y 44 presentan algunos ejemplos en comprobacion de lo que dejamos espuesto, manifestando que nada queda indefinido, por irregular que sea una superficie, una vez espresada por medio de sus secciones horizontales.

La traza *A B* (figura 42) aunque recta, espresa en la superficie sobre que insiste, una curva plana cuya escala de curvatura vertical está dada por las cotas correspondientes á su interseccion con las curvas horizontales, pudiéndose conocer su forma verdadera abatiéndola como hemos hecho en *A' B'*, bajo el supuesto de ser *A' B''* la escala del dibujo.

La curva *C D* (figura 44) espresa una hélice, puesto que los elementos cuyas cotas difieren en una unidad, son to-

dos iguales en magnitud, lo cual produce necesariamente en toda esta línea una pendiente uniforme.

La *E F* es una línea de máxima pendiente presentando acotados sus elementos: la curva *G H* es la interseccion de dos superficies, puesto que segun ella, se cortan las horizontales que tienen en ambas igual cota, espresando por la misma razon la curva *K L M* la seccion del plano *M' L'* con la parte de superficie que encuentra.

APLICACIONES A LA SUPERFICIE IRREGULAR DEL TERRENO.

Entre las superficies naturales, la que más nos interesa espresar y definir con exactitud, es sin duda la del terreno y esto de manera, que se puedan conocer con facilidad sus formas y condiciones.

Por la mismo que es completamente irregular esta superficie en su conjunto y en sus detalles, se presta mejor que á ningun otro, al sistema descrito de representacion geométrica, por medio de curvas horizontales.

Se vé, en efecto, que nada obsta á determinar materialmente sobre el terreno por medio del *Nivel* las espresadas secciones, levantando despues topográficamente sus formas y contornos. La reunion de la série de curvas así obtenidas, dibujadas ordenadamente sobre un plano con su acotacion correspondiente, nos presentará la imágen definida de la parte de terreno que comprendan.

Despues de lo que dejamos espuesto poco ó nada podemos decir que no ocurra desde luego; pero vamos, sin embargo, á presentar un análisis ya práctico ya geométrico de esta singular superficie, siquiera sea como comprobacion de las teorías espuestas ó como un útil ejemplo.

La primera condicion á que es preciso sujetar las curvas horizontales al definir una superficie de este género, es, que la série de planos que se supone causa las secciones, sea precisamente equidistante.

Bien se deja conocer, que independientemente de las secciones horizontales de que hablamos, es indispensable levantar aisladamente y proyectar acotadas las líneas que pueden llamarse *singulares* ó notables en esta superficie: estas son, hablando en general, las de aguas y sus divisorias, y en particular todo género de cáuces, los vértices, crestas, cimas y mesetas, además de las aristas y pie de los escarpados que suelen á veces cortar oblícuamente el sistema general de curvas horizontales, y están producidos por escarpados accidentales en las tierras fuertes, ó por bancos ó masas de rocas al descubierto.

Acerca de este particular interesante puede consultarse la memoria que hemos escrito bajo el título de *Leyes generales de estructura de la superficie del terreno*, publicada en el *Memorial* de 1867.

La supuesta equidistancia de las secciones horizontales sin aumentar el trabajo de proyeccion, nos proporciona grandes ventajas para el conocimiento de estas complica-

das superficies, facilitándonos desde luego el determinar á primera vista la pendiente que corresponde á cada elemento de sus zonas. Esta investigacion es muy sencilla; conocemos en efecto en todo caso las cotas de las dos curvas horizontales que forman el límite de una zona: en la figura 42 suponemos son las 2 y 4; si trazamos las generatrices *A* y *B*, observaremos que en ambas es dos la diferencia de cota para su longitud correspondiente; si esta es para *A* de dos unidades de la escala del dibujo y de cuatro para la *B*, la inclinacion de la primera espresada por $\frac{\text{sen.}}{\text{cos.}}$ ó sea $\frac{\text{altura}}{\text{base}}$, será de $\frac{2}{2}$ ó de $\frac{1}{1}$ ó 45°, siendo la segunda de $\frac{2}{4}$ ó de $\frac{1}{2}$. Además, como las distancias, entre los planos horizontales secantes, se suponen todas iguales, lo son tambien las diferencias de altura para las generatrices de todas las zonas; de donde se sigue que la variabilidad de aquellos quebrados depende solo de la longitud gráfica de las generatrices, ó sea de la separacion que existe entre dos curvas, pudiendo decirse en general y juzgar al golpe de vista, que cuanto más próximas aparecen unas á otras las curvas horizontales es mayor la pendiente de la superficie, siendo por lo tanto menor segun las mismas van tomando distancia respectiva.

El análisis detallado de las superficies descritas por medio de curvas horizontales causadas por secciones sucesivas equidistantes, aunque fácil, es conveniente consignarlo.

Si se consideran (figura 45, lámina 6) dos trozos de curvas horizontales, bastante próximas para espresar fielmente una zona de la superficie del terreno, siendo á la vez convexas, la porcion de superficie que determinan, será tambien convexa en sentido horizontal, y gaucha ó desarrollable, segun sean ó no paralelas las curvas horizontales.

Semejantemente (figura 46), si las dos curvas fuesen cóncavas á la vez, la superficie seria cóncava.

Si las dos curvas degenerasen en rectas (figuras 47 y 48) las superficies lo serian igualmente; siendo plana ó gaucha segun fuesen paralelas ó divergentes las rectas espresadas.

Cuando las dos curvas, dirigiéndose en el mismo sentido, forman una inflexion (figura 49), la superficie será en parte cóncava y en parte convexa, á partir de la línea que une los dos puntos del cambio de curvatura.

Como la línea recta puede mirarse como el límite de las curvaturas, se verificará (figuras 50, 51 y 52) que si una de las curvas anteriores degenera en recta, la curvatura de la zona será cóncava ó convexa ó tendrá inflexion, segun sea la otra curva que la termina.

Cuando la curvatura de las líneas de nivel inmediatamente próximas no está vuelta hácia la misma parte, ó no es en el mismo sentido, se presentan nuevas combinaciones. Supongamos las dos curvas opuestas por su convexidad (figura 53); si se concibe entre ellas una série de curvas intercaladas infinitamente próximas las unas á las otras, se hallará necesariamente una que será recta en una

cierta parte de su estension, cuyo centro de curvatura estará en el infinito.

En consecuencia, entre esta porcion recta y la curva convexa, la superficie será convexa; siendo cóncava entre la misma recta y la otra curva; de suerte, que la superficie formará una inflexion vertical, á partir de esta horizontal hácia la parte superior ó inferior de las generatrices de esta porcion de la zona.

En vez de estar las curvas referidas opuestas por su convexidad, pueden estarlo por su concavidad (figura 54); la superficie presentará entonces una inflexion análoga á la del caso precedente, siendo cóncava la superficie, á partir de la recta intermedia, hácia la curva superior y convexa hácia la inferior.

Lo que acabamos de decir acerca de las curvas convexas y cóncavas, indica lo que debe tener lugar cuando las curvas sean de inflexion.

Si inmediata á una curva de inflexion se encuentra otra que no lo sea (figura 55), estas curvas tendrán en una cierta parte sus curvaturas vueltas en el mismo sentido y opuestas en el otro. Existirá entonces una doble inflexion en la superficie de la zona, siendo la una en sentido horizontal y otra en sentido de sus líneas de pendiente, á partir ambas de la generatriz correspondiente al punto de inflexion de la curva, desde la cual se oponen las curvaturas.

Si las dos curvas (figura 56) fuesen de inflexion y de curvaturas opuestas en todos sentidos, habria tambien

doble inflexion como en el caso precedente, con la diferencia de que entonces la inflexion horizontal, se estenderá á un lado y otro de la línea que una los dos puntos de inflexion de las curvas de la zona, prolongándose la inflexion verticalmente por encima y por debajo de la línea intermedia.

No constituyendo cada zona en toda superficie espresada por curvas de nivel, sino una de sus articulaciones, es preciso, para juzgar completamente de la forma que afecta la superficie en un punto, considerar dos zonas sucesivas, cuando este punto está situado sobre una de las curvas que la definen, ó bien tres zonas si se halla en el interior de una de ellas.

Si consideramos, pues, al efecto, tres curvas comprendiendo dos zonas de la superficie, siendo todas tres convexas ó cóncavas, la superficie será igualmente convexa ó cóncava en sentido horizontal, pero podrá suceder que sea al mismo tiempo convexa recta ó cóncava, en el sentido de sus líneas de pendiente.

La primera circunstancia tendrá lugar (figura 57), si la distancia de la curva superior á la de enmedio, es mayor que la distancia de esta á la inferior.

La segunda se encontrará, cuando las dos distancias sean iguales (figura 58); verificándose, en fin, la tercera inversamente á la primera (figura 59), cuando la distancia entre las curvas inferiores sea mayor que la de la curva intermedia á la superior.

La forma de la superficie comprendida entre las dos zonas que hemos supuesto, puede además complicarse con inflexiones, cuando las tres curvas que la terminan sean sucesiva ó simultáneamente de inflexion, ó bien que sus curvaturas estén vueltas en sentidos diferentes: pero lo que hemos dicho anteriormente al considerar una zona aislada, puede bastarnos para concebir lo que sucederá en cada una de estas circunstancias.

El caso de considerarse á la vez tres zonas y cuatro curvas (figura 60), puede mirarse implícitamente contenido en el anterior, pues nos dá á conocer la relacion que existe entre la zona intermedia y cada una de las estremas. La sola particularidad interesante que presenta el caso de que se trata es, que como se consideran en él cuatro curvas, la superficie puede afectar una nueva forma en sentido de sus líneas de pendiente, pues no solo puede ser convexa, recta ó cóncava, sino tambien sufrir una inflexion en el sentido indicado.

Combinando, pues, las diferentes circunstancias en que hemos visto pueden encontrarse las zonas particulares de una superficie dada por curvas de nivel, se vendrá finalmente á deducir que independientemente de su curvatura horizontal, la cual se manifiesta desde luego en la proyeccion de las curvas, puede ser en conjunto convexa, recta, cóncava ó cóncavo-convexa; esto es, formar una inflexion en sentido de sus líneas de pendiente.

La primera circunstancia tendrá lugar cuando, á partir

de un punto dado, la distancia horizontal de las curvas de nivel vaya aumentando sucesivamente, desde la parte inferior á la superior; será recta cuando permanezca constante la referida distancia; cóncava cuando inversamente al primer caso vaya disminuyendo hácia la parte superior; y formará finalmente una inflexion, cuando á partir del punto que nos hayamos propuesto, la distancia horizontal que separa las curvas va aumentando simultáneamente hácia la parte superior é inferior ó á la inversa.

Se vé pues, claramente, con cuánta facilidad quedan definidas las superficies ya sean geométricas ya irregulares, por medio de las secciones horizontales equidistantes aun esclusivamente empleadas; ninguna línea, ninguna curvatura escapa á una investigacion rápida y precisa, y por decirlo asi, del momento: y no puede menos de ser asi, puesto que hemos hecho ver palpablemente que las curvas horizontales envuelven con su acotacion todas las escalas de curvatura imaginables, referentes á la superficie que representan.

Este sistema de descripcion es, pues, el que resulta más ventajoso en la práctica, para espresar todo género de superficies.

Para terminar esta parte tan interesante, vamos á describir ligeramente como ejemplo, la porcion de terreno dibujada en las figuras 61 y 62, lámina 7, por medio de sus curvas horizontales y verticales de curvatura.

La escala general es la de $\frac{1}{5.000}$, ó sea un milímetro

por 5 metros; la equidistancia de la série de planos horizontales que producen las curvas se supone de 5 metros.

El plano de proyeccion ó sea el de comparacion para contar desde cero la altura de las secciones, ó bien las cotas respectivas de las curvas horizontales, se supone al nivel del agua que baña una parte de los límites del terreno representado.

El punto culminante está á $147^{m},20$ de altura.

Todo lo concerniente á curvaturas se lee con facilidad en el dibujo, teniendo presentes los principios establecidos.

Los accidentes y líneas notables se distinguen desde luego en el terreno. Existe un pequeño valle ó depresion por cuyo fondo corre el arroyo *R* de cauce profundo y su afluente *V V*, y algunas otras derivaciones de aguas *T* hásta venir á parar á un lago ó depósito comun. El camino *X Y* se va elevando sucesivamente desde lo bajo hasta la maseta que se halla á 145 metros sobre el lago, y su trayecto *Y* está plantado de árboles. Se advierten las rocas ó escarpados que avecinan el borde del lago, las que como entre los 80 y 90 metros de altura aparecen aisladas, y las que se descubren en los cáuces de las corrientes de agua.

La representacion de la superficie es tan completa en el dibujo, la percepcion de las formas tan clara y esplícita y su análisis tan patente, que nada más fácil que construir su modelo ó imágen en relieve. Para esto bastará observar que la escala es de $\frac{1}{5.000}$, valiendo cada milímetro

gráfico 5 metros: siendo de esta cantidad la equidistancia de las secciones horizontales, si tomamos cartones ó tabletas de un milímetro de espesor y calcamos en cada hoja sucesivamente una por una las curvas del dibujo, y despues de recortar los cartones espresados siguiendo su traza, los pegamos unos sobre otros segun el órden y posicion que tienen en el plano las curvas, no hay duda que quedará formado un volúmen cuya constitucion y circunstancias superficiales serán idénticas á las del terreno representado, y sin más diferencia que la reduccion por la escala, despues de redondear las aristas escalonadas que provienen de los bordes ó grueso de los cartones.

Parece, pues, palpablemente demostrado, que ninguna dificultad envuelve la descripcion gráfica aun de las superficies más complicadas, ni la lectura de estas descripciones, una vez comprendido el mecanismo de sus símbolos representativos, ó sea la combinacion de las líneas con sus escalas respectivas.

El terreno está generalmente cubierto de objetos naturales, de construcciones y de cultivos; pero como solo nos referimos á su parte más interesante, cual es la forma de su superficie, prescindimos de estos detalles que constituyen, por otra parte, los elementos del dibujo topográfico.

No es tampoco más difícil que formar relieves, el derivar ó deducir combinaciones ó dibujos bajo diferentes supuestos á partir del plano acotado de una superficie; tal es el conjunto de datos gráficos que presentan.

Supongamos, por ejemplo, que se trata de dibujar una vista ó alzada de un terreno representado ya por curvas horizontales, y sea este el definido anteriormente en la figura 61.

Desde luego observamos que segun la escala del dibujo, la superficie queda limitada entre dos planos verticales *A* y *H* que distan entre sí 500 metros, y que el plano *A* de frente producirá en el terreno un corte ó perfil visible, fácil de determinar por medio de las cotas de altura, que segun las horizontales cortadas corresponden á los diferentes puntos de su traza.

Si análogamente suponemos cortes paralelos á 25 metros de distancia unos de otros, llegaremos á producir la figura 62, que no es otra cosa sino la vista ó proyeccion vertical del terreno en cuestion, geométricamente obtenida á partir de la horizontal, por medio de las curvas producidas en la superficie por una série de planos verticales equidistantes: el punto (*M M'*) pertenece por ejemplo á la curva de altura (80) y al plano vertical (250).

Los contornos aparentes de los distintos cerros ó alturas son fáciles de hallar á poco que se observe, que los puntos de estas curvas estarán dados por las tangentes estremas á las curvas horizontales, que pueden considerarse como los últimos rayos visuales dirigidos perpendicularmente al plano vertical de proyeccion ó de mira.

En las figuras correlativas 61 y 62 está espresado como ejemplo el punto (*g*) del contorno aparente principal, que

corresponde á la seccion horizontal (120) y la vertical (250) segun espresan las escalas.

El distinguir las partes ocultas de estos contornos aparentes y que deben trazarse de puntos para espresarlo, tampoco ofrece dificultad, puesto que se indicarán por sí mismas, observando la posicion relativa de las tangentes límites espresadas.

Para finalizar presentamos el referido corte y vista dibujado en la figura 63 por medio de trazos en proyeccion vertical, establecidos bajo las mismas bases, reglas y condiciones que espusimos, con respecto al caso de curvas horizontales.

Claro es que entre la figura 63 y la 61 todo es inverso, puesto que son perpendiculares entre sí los planos respectivos de proyeccion, resultando que á mayor claridad en el dibujo, ó sea á trazos más finos y separados corresponde más pendiente en la superficie general, á la vez que las inclinaciones menores están espresadas con relacion al mayor grueso y proximidad de los trazos; esto se esplica fácilmente observando que en la figura 61, los trazos espresan las líneas de máxima pendiente, á la inversa que en la figura 63, en la cual los trazos han de marcar precisamente al ser normales á las curvas de las zonas respectivas, líneas de mínima distancia entre ellas, equivalentes en este caso á las de mínima pendiente.

SOBRE LAS ESCALAS

ESPECIALES.

Mirando las escalas decimales ordinarias bajo el punto de vista de la correlacion sucesiva de sus divisiones valoradas numéricamente, se advierte que no son otra cosa que la espresion gráfica, por medio de una recta convenientemente subdividida, del sistema décuplo de numeracion generalmente seguido: se comprende bien por lo tanto que del mismo modo podemos establecer escalas gráficas para otros sistemas numéricos cualesquiera, tales como los de números denominados.

Análogamente, como todas las líneas trigonométricas están valuadas en partes del radio, y se hallan en las tablas numéricamente calculadas sus magnitudes, se sigue que está á nuestro arbitrio construir las escalas gráficas, en representacion de las mismas líneas, que juzguemos oportuno.

Lo mismo podemos decir de los logaritmos, tanto de los números naturales, como de los de las líneas trigonométricas espresadas: resultando de todo esto que nos es dable reducir á operaciones mecánicas, una multitud de cálculos enojosos en la práctica.

En la topografía se echan de ver frecuentemente las ventajas de este procedimiento gráfico: verdad es que el cálculo es el único que nos puede dar con toda precision los resultados, pero esta exactitud obtenida siempre á costa de tiempo y de trabajo, nos es las más de las veces innecesaria, además de que nos vemos siempre en la precision de sujetar á la escala gráfica del dibujo los números obtenidos, y esta no permite nunca llevar la aproximacion en la práctica sino hasta cierto punto, que es acaso el que pueden darnos las construcciones gráficas referidas.

Puesta ya de manifiesto la índole general de este género de escalas, se vé que su analogía con las de proporcion ó las ordinarias es tal, que solo pueden diferir en que están divididas en partes desiguales, segun la correlacion numérica que unas y otras representan; las espondremos, pues, en general, entrando en pocos detalles, puesto que con lo

dicho se comprende bien cuán fácil es formarlas, apropiándolas á los usos especiales á que se las destine, y que pueden ser tan variados como los casos que ocurren en la práctica.

ESCALAS TRIGONOMETRICAS.

La figura 64, lámina 8, nos presenta desde luego diferentes escalas cuya construccion no ofrece, como se ve, dificultad alguna, atendido el carácter especial de cada una de las clases de líneas que representan.

Tenemos primeramente la escala natural del *radio* dividida en partes iguales que nos servirá para valuar todas las líneas restantes: está determinada la escala de *senos* y *cosenos*, la de las *tangentes*, la de las *secantes*, la de las *semitangentes* y la de las *cuerdas*, dejando otras muchas que pudiéramos añadir como las de *latitudes*, *longitudes*, *inclinaciones meridianas*, *rumbos*, etc., que no trazamos por no confundir la figura ni aumentar el catálogo de los nombres.

Vamos á presentar otro ejemplo de la utilidad de este género de escalas en la práctica, el cual servirá á la vez para manifestar la manera de construirlas en lo tocante á sus detalles, refiriéndonos al levantamiento de planos topográficos.

Sabido es (figura 65) que si desde un punto *A* tiramos

una visual $A\ B$ y medimos el ángulo φ con la horizontal, cuando $A\ B$ sea el radio, la distancia horizontal $A\ C$ y la vertical $C\ B$ entre los dos puntos A y B, serán el coseno y el seno del ángulo φ; y si $A\ C$ es el radio, la $C\ B$ será la tangente del mismo.

Propongámonos el problema de establecer la escala gráfica que nos dé desde luego, para un ángulo cualquiera φ y para una longitud arbitraria de la visual $A\ B$, la magnitud de la horizontal $A\ C$ segun la que le corresponda por la escala del plano que deba formarse.

La figura citada nos da la proporcion siguiente:

$$D : E :: R : \text{cos. } \varphi;\ \text{de donde } \frac{E}{D} = \frac{\text{cos. } \varphi}{R} \text{ y } E = \frac{D}{R} \times \text{cos. } \varphi.$$

El problema, pues, estará reducido á construir gráficamente esta fórmula, ó lo que es lo mismo, á establecer una escala en la que puedan tomarse los cosenos de φ multiplicados por $\frac{D}{R}$ segun una escala dada.

Sea $A\ C$ (figura 66) la escala del dibujo: sobre la perpendicular $A\ B$, tomaremos 45 partes iguales cualesquiera que representarán grados, y por cada una de estas divisiones tiraremos líneas $B\ D$ paralelas á la $A\ C$.

Si recurrimos á unas tablas de líneas trigonométricas naturales, esto es, que espresen el valor de estas líneas en partes del radio, hallaremos que el valor del coseno de 10° igual al seno de su complemento, vale 98.480,77 partes del radio, siendo este de 100.000.

La fórmula $E = \frac{D}{R}$ cos. φ, dará cuando $D = 5000$ para

el coseno de 10° el valor siguiente:

$$E=\frac{D}{R}\cos.\varphi=\frac{5000}{100.000}\times 98480,77=\frac{1}{20}\times 98480,77=4924,039,$$

y será una cantidad diez veces menor cuando $D = 500$, esto es, 492,4. Del mismo modo podemos calcular los restantes valores para cualquier número de grados.

Si á partir, pues, de la vertical $A\ B$ llevamos sobre las paralelas á $A\ C$ los valores espresados, nos resultarán en ellas los puntos cero; y si á partir de estos puntos repetimos estas distancias podremos trazar las curvas (0), (500), (1000), etc. que nos darán formada la escala, sin que nos quede otra cosa más que subdividirla.

Bien se vé que conforme hemos calculado los valores de 10 en 10 grados, pudiéramos haberlo hecho de 5 en 5 ó de grado en grado como entre 15 y 20, ó de minuto en minuto segun las tablas, subdividiendo la escala anterior en otras parciales segun el grado de exactitud que quisiéramos obtener en los resultados.

Si suponemos la distancia $A'\ B'$ teniendo esta 1550 partes de la escala general, y el ángulo φ de 18°, la línea $E\ F$ de la escala particular nos dará la longitud 1450 de la proyeccion $A'\ B'$, como se verifica realmente.

Hemos preferido para la construccion de la escala anterior la determinacion de los valores numéricos de sus partes, porque se ve que los resultados serán así todo lo exactos que permita la escala del plano segun su naturaleza. Podíamos, sin embargo, haber usado, como se com-

prende fácilmente, un procedimiento puramente gráfico.

Tal se verifica en la figura 67, la cual, como se percibe á primera vista, no es otra cosa que la determinacion natural de los cosenos de los ángulos sujetos á una escala determinada.

Fácil es tambien dar á la escala precedente otra forma distinta sin más que notar, por ejemplo, que

$$\text{cos.} : \text{sen.} :: \text{cos.}' : \text{sen.}'$$

para cada ángulo, ó bien que

$A\,C' : C'\,B' :: A\,E : E\,D$, ó que $A\,C' : A\,E :: B'\,C' : E\,D$, pudiendo decirse lo mismo de las subdivisiones homólogas de estas líneas.

De manera (figura 68) que siendo $A\,C$ la escala que debe servir para construir las distancias horizontales sobre el plano, si levantamos en su punto medio una perpendicular $E\,O'$ y desde el punto O como centro se describe un arco $E\,H$ tangente á $A\,C$ de radio tan grande como podamos trazarlo, y se divide este arco á partir de E en las partes que sea necesario, se verificará tirando paralelas á la $A\,C$ por cada uno de los puntos graduados y uniendo los puntos de division de la escala con el centro O, que obtendremos la escala que nos habíamos propuesto trazar.

Se tiene en efecto para una cualquiera de las líneas horizontales, para la $G\,F$ por ejemplo, que corresponde á 20°, designando el radio $O\,E$ por R:

Division de $G\,F$: á la division homóloga de $A\,C$ ::

$$:: OF : OE :: R \text{ cos. } 20° : R,$$

de donde

$$\text{partes } FG = \text{partes } AB \times \text{cos. } 20^{\circ}.$$

Como la escala precedente solo tiene por objeto establecer desde luego la proyeccion horizontal de las pendientes generales medidas en el terreno, solo la hemos llevado hasta 35 grados, porque rara vez esceden de este límite.

Debemos hacer observar que las escalas de las figuras 66 y 68 son idénticas, y sin más diferencia que las curvas de la primera se han transformado en líneas rectas en la segunda: *anamorfismo* que proviene de ser *equidistantes* en la figura 66 las paralelas que denotan los grados, resultando así la sucesion de ordenadas que producen las curvas, cuando en la figura 68 las mismas paralelas que envuelven la division en grados, aparecen metódicamente espaciadas, cuyo cambio viene á determinar aquel ventajoso resultado.

Ya que hemos hablado del modo de establecer las escalas para proyectar desde luego una recta inclinada segun el ángulo φ de pendiente, vamos á completar esta idea ofreciendo un nuevo ejemplo, formando otra escala, la cual nos suministre las distancias horizontales que separan entre sí las divisiones causadas por planos horizontales equidistantes, segun la inclinacion φ de las líneas anteriores.

Supongamos (figura 69), que conocida la longitud de una recta AC y su ángulo φ de pendiente, queremos conocer la magnitud GF de la proyeccion de un trozo GC

de la recta anterior correspondiente á una altura vertical $C\,F$ de 10 unidades por ejemplo.

Los triángulos semejantes $A\,B\,C$ y $G\,F\,C$ nos dan desde luego

$$A\,B : B\,C :: G\,F : F\,C$$

ó lo que es lo mismo

$$100 : \text{tang. } \varphi :: G\,F : 10.$$

De donde

$$G\,F = \frac{10 \times 100}{\text{tan. } \varphi} = \frac{100 \times 100}{10 \text{ tan. } \varphi}, \text{ y como cot.} = \frac{R^2}{\text{tang.}}$$

$$G\,F = \frac{1}{10} \text{ cot. } \varphi.$$

La formacion de la escala estará, pues, reducida á la construccion gráfica de la fórmula precedente.

Ahora bien: supongamos que $\varphi = 30°$.

La cotang. de 30° es 173.205,08 partes cuando el radio es de 100.000; será, pues, cotang. de $30° = 173{,}20508$ cuando el radio sea de 100, y $\frac{1}{10}$ cotang. $30° = 17{,}32$ que es la correspondiente á 10 unidades ó partes de altura vertical.

Esto sentado, ninguna dificultad puede presentar la escala de que se trata; en la figura 70 hemos supuesto que debia abrazar solo las pendientes desde 5° á 35° segun la numeracion de la derecha.

A la izquierda hemos escrito los valores de cotangente φ correspondientes á la graduacion anterior bajo el supuesto de ser de 10 unidades la equidistancia vertical segun la escala del dibujo. Las curvas trazadas de lleno en la escala, nos dan, pues, los valores de $G\,F$ tomada la $C\,F$ de 10 en 10

unidades; las múltiplas ó las intermedias, nos darán igualmente las distancias horizontales para equidistancias mayores ó menores, segun la anotacion de las mismas.

Lo mismo hubiéramos procedido para establecer otra escala análoga cualquiera.

ESCALAS LOGARITMICAS.

De los números.

Despues de lo espuesto, ninguna dificultad puede ofrecernos la construccion de esta clase de escalas.

Empecemos por las de los logaritmos de los números naturales.

Sabemos primeramente, que los logaritmos de 1, 10, 100, etc., 1, 01, 0,01, etc., tienen las mismas cifras decimales, diferenciándose solo en la característica.

La característica de los logaritmos de los números 1, 10, 100, etc., es respectivamente 0, 1, 2, etc., esto es, una unidad menor que el número de cifras que contienen aquellos; análogamente la característica de las fracciones decimales es el número 9 rebajado de tantas unidades como ceros se encuentran en la parte decimal despues de la coma, esto es, que el logaritmo 0,75, por ejemplo, es 9,875061 y el de 0,0075 es 7,87506.

Siempre, pues, nos son conocidas las características de

los logaritmos de cualquier número, por lo cual solo tenemos necesidad de conocer su parte decimal ó la mantisa.

Unica y realmente son diferentes las mantisas de los números 1 hasta el 9, repitiéndose en seguida ó combinándose segun la constitucion de los números.

Dada esta organizacion general de las tablas de logaritmos, se vé desde luego cuán fácil es reducirla á una escala gráfica de partes desiguales.

Los logaritmos de los números desde 1 á 9 son respectivamente:

Logar. 1 = 0,0000000	Logar. 6 = 0,7781512
2 = 0,3010300	7 = 0,8450980
3 = 0,4771213	8 = 0,9030900
4 = 0,6020600	9 = 0,9542425
5 = 0,6989700	10 = 1,0000000.

Elijamos una escala de partes iguales, la *A B* (figura 71) por ejemplo: si tomamos en ella una longitud de 1000 partes, es evidente que esta magnitud podrá representar el logaritmo de 10 con tres cifras decimales.

Sea *A B* esta longitud; la *A C* doble de ella espresará el logaritmo de 100, la triple daria el logaritmo de 1000, etc., sumando sucesivamente estas partes, por lo cual ninguna necesidad hay de trazar sino las dos primeras.

Si en las líneas *A B*, *B C* respectivamente, tomamos 301 unidades de la escala, resultará el logaritmo de 2 y por lo tanto podremos señalar esta division con este nú-

mero: si tomamos 477 partes en la misma línea, tendremos la espresion del logaritmo de 3, y así sucesivamente: como en la escala logarítmica así formada, las divisiones de *B C* por ejemplo, á contar desde *A*, están sumadas con *A B* logaritmo de 10, resulta que son las divisiones de *A B* multiplicadas por 10, debiéndose señalar en consecuencia con los números 20, 30, etc. y análogamente las restantes.

Fácil es hacerse cargo del modo de calcular por medio de la escala precedente; si quisiéramos hallar el producto de 2 por 2, tomaríamos con el compás la longitud 1—2, la llevaríamos desde el 2 hácia la derecha y nos resultará el número 4, puesto que las hemos sumado: si fuese el producto de 9 por 9, haríamos la misma operacion con la distancia 1—9, resultando la division 81 y así de los demás.

Notamos desde luego que la escala anterior no produce los números sino seguidos de uno ó más ceros; pero es fácil darle la latitud que aparentemente le falta. Si tomamos la longitud 1—2 y la dividimos análogamente á la *A B*, es consiguiente que la primera division valdrá 1 y 2 décimas, la cuarta 1,5, etc.; si hacemos lo mismo con la 10—20, las divisiones 12, 15, etc. serán la espresion de los números $10 \times 1{,}2$, $10 \times 1{,}5$, etc. pudiéndose hacer y decir lo mismo con respecto á los demás intervalos.

Bien se vé que por un procedimiento análogo podríamos llevar la subdivision de esta escala hasta donde nos sea conveniente, dando la longitud necesaria á los intervalos

capitales *A B* y *B C*, para que no resultase confusion alguna, para lo cual es indudable que deben ser lo mayores posible, sin que resulte embarazo de su uso.

Si tratásemos por ejemplo ya establecida la escala precedente de multiplicar 9 por 1,5, la suma de las dos distancias 1—9 y *A*—1,5 nos daria la *A*—13,5 que espresa efectivamente el producto.

De los senos y cosenos.

Por no hacernos difusos solo indicaremos brevemente la construccion de estas escalas y lo mismo la de las siguientes, pues lo que hemos dicho ya es más que suficiente para formarlas desde luego.

Si tomamos en una escala de partes iguales las distancias que espresan los valores de los logaritmos de los senos de 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 y 10 grados respectivamente, desechando las características, ó mejor aun las del complemento aritmético de los logaritmos de los mismos (ó las secantes de los complementos), y señalamos estas distancias en la escala (figura 71) empezando á contar cada una de ellas desde el punto que espresa 90°, tendremos formada en globo la escala que deseamos.

Como los tres guarismos primeros del complemento aritmético de los senos de 80, 70, 60, etc. grados son respectivamente 007, 027, 063, 116, 192, 301, 466 y 764;

estos son los números que se han de tomar en la escala de partes iguales, para señalar los logaritmos del número de grados espresado, llevando cada abertura de compás de la derecha á la izquierda, empezando desde el punto 90°.

Lo mismo deberemos hacer respecto de los senos que no lleguen á 10 grados y de los grados intermedios entre 10 y 20, 20 y 30, etc.

Las divisiones menores de un grado podrán marcarse igualmente en cuanto permita la escala, quedando así esta enteramente formada.

De las tangentes y cotangentes.

Esta escala por lo tocante á 45° se construirá del mismo modo que la de los logaritmos de los senos, por medio de los complementos logarítmicos de las tangentes: sabido es que pasando de 45° la misma escala sirve hácia atras, de manera que la division 40° representará en la escala á un mismo tiempo 40° y 50°; 30° espresará á la vez 30° y 60°, y así de los demás y lo mismo sucederá con respecto á las restantes divisiones menores ó intermedias.

De los senos versos.

Para construir esta escala, se tomarán en la de partes iguales los complementos aritméticos de los logaritmos de los cosenos (ó de los secantes de los complementos) de 5°, 10°, 15°, etc. desechando las características: se señalarán el duplo de estas distancias respectivamente en la escala logarítmica que se quiere formar de los senos versos, y quedarán marcadas las divisiones correspondientes á 10°, 20°, 30°, etc. y á tantos grados ó parte de ellos como permita el largo de la escala.

ESCALAS DE ARQUITECTURA.

ORDENES.

En los órdenes de Arquitectura donde la armonía resulta de la relacion mútua de las dimensiones, estas no son arbitrarias, sino que determinada la magnitud de una de las partes quedan sujetas é invariables las restantes.

Así es que todos los diferentes cuerpos y molduras que constituyen un órden, se sujetan siempre á una escala especial cuya unidad de medida se llama *módulo*, que es el radio de la columna, en la base de su caña ó fuste.

Fijada esta dimension ó establecido el módulo, que

podrá valer las partes de la escala general del plano que se crea conveniente, el resto de la construccion se establece por comparacion con esta nueva escala.

Como la unidad módulo es bastante grande, se subdivide en otras dividiéndola en *partes*, las cuales son 24 para los tres órdenes bajos y 36 para los tres elevados.

Así es que se dice, comparando entre sí sus alturas respectivas, que el órden

Dórico griego tiene de altura.	19	módulos.		
El Toscano.	22	módulos	y 4	partes.
El Dórico romano.	25	id.	y 8	id.
El Jónico.	28	id.	y 18	id.
El Corintio.	31	id.	y 24	id.

El Compuesto, la misma que el Corintio.

Análogamente, las alturas de las columnas comprendida base y capitel, están determinadas por la relacion siguiente con el módulo:

Dórico griego.	6 módulos.
Toscano.	7
Romano.	8
Jónico.	9
Corintio y compuesto.	10

y lo análogo sucede con todas las demás partes y detalles.

Nos es, pues, muy fácil establecer, por ejemplo, la es-

cala general de comparacion entre todos los órdenes, bajo el supuesto de una misma altura gráfica de columna (figura 72).

Para proceder á la construccion gráfica de los respectivos órdenes, solo nos es necesario tener á la vista, las tablas de relacion entre las partes de cada órden y entre sus molduras diferentes en valores del módulo, que suelen acompañar á los libros de Arquitectura.

ESCALAS DE SUPERFICIES Y VOLÚMENES.

Para concluir, vamos á presentar algunas indicaciones en armonía con este último epígrafe, que acaso aparecerá estraño ó forzadamente interpretado sin algunas esplicaciones preliminares; no obstante que puede observarse, que así como en las escalas logarítmicas no hemos hecho más, que traducir gráficamente las correlaciones generales entre las séries de números establecidos en sus tablas, así tambien podemos llegar á un resultado análogo, si logramos hallar relaciones fijas y sencillas entre el crecimiento y decrecimiento sucesivo de las cantidades lineales, cuadradas ó cúbicas, ó lo que es lo mismo, á la formacion de tablas particulares de superficies ó volúmenes, lo cual vamos á inquirir apelando al cálculo de las diferencias.

Seremos muy breves, pues la cosa es bien fácil, exigiendo solo las más sencillas nociones geométricas.

Supongamos por ejemplo (figura 73) que el rectángulo 4—2, va creciendo sucesivamente de dos en dos unidades, produciéndose los 4—4, 4—6, 4—8, 4—10, etc., las superficies respectivas serán

Superficies. . .	8 ...	16 ...	24 ...	32 ...	40 etc.
	8	16	24	32	etc.
Diferencias. . . .	8	8	8	8	etc.

resultando, como se vé, por primera diferencia una cantidad constante.

Calculada, pues, la superficie del primero y segundo rectángulo y hallada la diferencia 8, solo tendremos que sumarla sucesivamente con ella misma, ó lo que es igual multiplicarla por la série de números naturales para obtener, con la mayor facilidad, una tabla de superficies correspondiente á este caso práctico.

La escala $A\,B'$ puede, pues, representar gráficamente esta tabla; espresando con la numeracion inferior, la altura de los rectángulos que producen las superficies que indican los números superiores, en el supuesto de ser la base 4.

Desde luego se advierte, que los números escritos se refieren á las coordenadas de una línea recta cuyo origen es el punto *cero*, formando el ángulo $\frac{4}{1}$ con el eje de las abscisas, y por lo tanto que trazado este ángulo ó espacio angular, será el lugar geométrico de todas las superficies rec-

tangulares indicadas, pudiéndose sin necesidad de numeracion alguna valuar sus magnitudes por medio de la escala misma del dibujo.

Tambien se vé que el ángulo $\frac{4}{1}$ puede reducirse á $\frac{2}{1}$ y $\frac{1}{1}$ suponiendo que la escala vertical es doble ó cuádrupla de la horizontal, y últimamente hasta puede anularse el ángulo; esto es, servirnos de una sola línea por escala ó sea de la del dibujo, multiplicando por la base 4 las distancias horizontales que se elijan por altura, si bien como es natural, al llegar á este *límite*, se reduce tambien á cero toda la construccion gráfica, viniéndose á parar al cálculo de partida.

Como sabemos que toda superficie poligonal puede ser reducida á un rectángulo de superficie equivalente, se vendrá en conocimiento desde luego de lo fecundo que puede ser en la práctica, en el concepto indicado, el principio diferencial que hemos espuesto, en razon de la generalidad que envuelve.

No se limita esta particularidad á las superficies en general como puede comprenderse fácilmente, sino que se estiende á los perímetros y aun á los volúmenes, cualquiera que sea su género y naturaleza.

Fijémonos, por ejemplo, para hacer claramente perceptibles nuestros asertos, en la circunferencia, en el círculo y en la esfera, refiriéndonos para concretar más las ideas á la sucesion de radios que espresa la figura 74.

Sabido es, que la longitud de una circunferencia es de

tres veces el diámetro y una fraccion, ó sea $3{,}14159 \times 2\,R$.

La série de magnitudes resultante será la siguiente, que da como se vé por primera diferencia una cantidad constante.

18,849555...37,699110...56,548665...75,398220...94,247775 etc.

18,849555...37,699110...56,548665...75,398220			
18,849555	18,849555	18,849555	18,849555

Análogamente, como la superficie del círculo es $3{,}14145\,R^2$, resultará la série siguiente, con la segunda diferencia constante.

28,27434...113,0976...254,4696...452,3904...706,8600...etc.

28,2743...113,0976...254,4697...452,3905			
84.8233	141,3720	197,9207	254,4695
	84,8233	141,3720	197,9208
	56,5487	56,5487	56,5487

En la misma forma, siendo $3{,}14159\,D^2$ la superficie de la esfera ó bien cuádrupla de los círculos máximos anteriores, resultará

113,0976...452,3904...1017,8784...1809,5616...2827,4400 etc.

113,0976... 452,3904...1017,8784...1809,5616			
339,2928	565,4880	791,6832	1017,8784
	339,2928	565,4880	791,6832
Constante. . . .	226,1952	226,1952	226,1952

Y últimamente, obtendremos para el volúmen de las esferas resultantes de los radios precedentes, multiplicando las superficies anteriores por el tercio del radio,

113,0976...	904,7808...	3053,6352...	7238,2464... 14137,2000
113,0976...	904,7808...	3053,6352...	7238,2464
791,6832	2148,8544	4184,6112	6898,9536
	791,6832	2148,8544	4184,6112
	1357,1712	2035,7568	2714,3424
		1357,1712	2035,7568
3.ª diferencia constante. . . .		678,5856	678,5856

Desde luego se advierte cuán fácil nos es, á partir de estas primeras, segundas y terceras diferencias constantes y retrocediendo sucesivamente, llegar á formar tablas por medio de simples adiciones.

Si observamos las anteriores combinaciones numéricas, descubriremos con facilidad diferentes relaciones, que pueden conducirnos al establecimiento de escalas gráficas, que sean fiel representacion de las tablas enunciadas.

En la figura 74 se nota desde luego que hemos supuesto que el crecimiento sucesivo de los radios se verifica segun la série 1, 2, 3, 4, 5, etc. de los números naturales, relacion que puede ser espresada gráficamente por una escala sencilla de partes iguales, considerada como eje natural de abscisas.

Si nos fijamos en la manera como crecen las longitudes de las circunferencias referentes á estos radios, observaremos que la primera cuyo radio es 3 vale 18,8495, siendo esta misma cantidad la primera diferencia constante, y por lo mismo que la segunda circunferencia cuyo radio es 6 será en longitud doble de la primera y triple, cuádrupla, etc. las sucesivas; de donde se sigue que si en los puntos de division de la escala anterior levantamos perpendiculares ú ordenadas de esta magnitud, tendremos gráficamente espresadas en estas ordenadas, las longitudes respectivas de las circunferencias cuyos radios sean las abscisas supuestas.

La índole de estas relaciones indica, que las estremidades de las ordenadas determinan una línea recta.

Comparando los números que se refieren á los círculos cuya primera superficie es 28,2743 observaremos, que considerada esta cantidad como la unidad, crecen en la relacion de 4, 9, 16, 25, etc. ó bien en relacion de 1^2—2^2—3^2—4^2, etc., quedando por lo tanto igualmente determinadas las ordenadas y abscisas de la curva resultante.

Si nos referimos á las superficies de las esferas análogas, veremos que el primer número 113,0976 crece en una relacion idéntica.

En los volúmenes el crecimiento sigue la série 1^3—2^3—3^3—4^3—5^3 etc., etc.

Todo lo espuesto nada nuevo nos manifiesta, pues sabemos que los perímetros, las superficies y los volúmenes

siguen la relacion de sus radios, de sus cuadrados y de sus cubos, pero nos presenta el medio de consignar gráficamente todas estas relaciones con la mayor facilidad, reasumiéndolas en una ó varias tablas con exactitud suficiente, sin necesidad de cálculos enojosos.

En lo referente á perímetros, hemos indicado que el límite de las ordenadas, ó sea su magnitud gráfica respectiva, está determinado por una línea recta; al mismo tiempo que hemos dicho que esta línea es curva, cuando se refiere á superficies ó volúmenes: pero conviene advertir que esto último proviene de haber supuesto dividido en partes iguales el eje de las abscisas; por lo tanto las curvas referidas podrán rectificarse, esto es, convertirse en líneas rectas, si transformamos en escala de partes desiguales el referido eje de las abscisas, confiando á su numeracion el designar la magnitud de sus divisiones, anamorfosis análoga á la que hemos indicado con respecto á las figuras 66 y 68 de la lámina 8.

No son estas, sin embargo, las únicas relaciones que podemos desenvolver entre los números consignados; se vé desde luego que podemos fijarnos en las diferencias constantes como punto de partida; la diferencia relativa á los perímetros se advierte que es constante é igual en magnitud al perímetro base, y que es doble de la primera superficie en los círculos y en las esferas, siendo seis veces mayor al tratarse de sus volúmenes.

Como nuestro objeto no es más que generalizar por decirlo así ciertas ideas, para que entren en el dominio del mayor número, no pasaremos más adelante; sobre este particular pueden verse notables desarrollos en la Memoria sobre tablas gráficas y principios de la geometría anamórfica de Mr. Lalanne, y en las notas de Mr. Lavaine y Mr. Sallevert, publicadas en los *Anales de Ponts et Chausses*, años 46 y 49, que realmente son la base de este género de investigaciones.

Si en nuestro análisis nos refiriésemos al triángulo y á su crecimiento sucesivo, veríamos que es constante para estas superficies la segunda diferencia, y que lo mismo se verifica con relacion al trapecio, cualquiera que sea la inclinacion de sus lados.

Numerosas aplicaciones pueden hacerse de estos principios, para facilitar el cálculo de los desmontes y terraplenes en los proyectos de canales, caminos y fortificaciones.

El perfil transversal de un camino es en general conocido, puesto que se reduce á una forma trapecia, tanto para los terraplenes como para los desmontes. Si el terreno sobre el que esté trazado el eje de una via es horizontal en una cierta estension, es consiguiente que conocida la superficie de cabeza, se obtendrá el volúmen de un trozo multiplicándolo por la longitud que este comprenda.

Si el terreno fuese un plano inclinado en sentido del eje, permaneciendo el firme horizontal, el perfil transver-

sal creceria *uniformemente* durante una cierta estension, siendo el volúmen parcial igual á la suma de los perfiles de cabeza, multiplicada por la mitad de la distancia que los separa.

Si la máxima inclinacion del terreno no fuese en la direccion del eje, los perfiles indicados no serian trapecios sino que afectarian la forma cuadrilátera *A B D C* (figura 75), pero podemos considerar reducida la superficie al trapecio *A B d c*, casi equivalente entre ciertos límites del ángulo *D O d* de pendiente.

Claro es, que si la superficie de asiento es curva en todos sentidos se caerá en las aproximaciones, asi como serán casos particulares cuando aquella sea escepcional ó completamente desigual y accidentada.

De todos modos resulta, que esta enojosa é interesante investigacion de volúmenes, está reducida principalmente á la determinacion de las superficies de una série de trapecios, cuyas alturas varien metódicamente entre límites asignados, lo cual, como hemos visto, es cuestion de diferencias y tablas, y por lo tanto que puede ser resuelta con la mayor prontitud y con suficiente aproximacion, usando en la práctica de los procedimientos numéricos y gráficos que hemos indicado.

En caso análogo nos hallamos con respecto á los perfiles de fortificacion, aun cuando afecten formas esclusivas ó particulares.

El macizo de los terraplenes es un trapecio *a b c d*

(figura 76) si no está revestido, ó *a b c d'* si lo estuviese con relacion á la *c d'*: el parapeto *c e f* con su banqueta, es una cantidad superficial invariable, puesto que se sitúa sobre los terraplenes; iguales raciocinios podemos hacer con respecto al foso y á los glácis, de manera que todo el cálculo deberá quedar reducido (figura 77) á la parte variable que será la *C a b*, si *A B* es la cresta y *C b* el corte longitudinal del terreno; los perfiles transversales serán trapecios ó figuras semejantes ú homólogas, de altura cero en *b*, alcanzando la *C a* en su crecimiento, en el estremo supuesto.

No nos detendremos más sobre estos particulares; los diversos ejemplos presentados, dan una idea bastante clara del partido que se puede sacar de la preparacion anticipada de escalas gráficas, en numerosos casos de la práctica.

Pasemos á la segunda parte.

ESCALAS GRÁFICAS.

SEGUNDA PARTE.

ESCALAS DE PERSPECTIVA.

ESCALAS DE INTENSIDAD DE TINTAS.

ESCALAS GRÁFICAS.

CUADRO DE LA SEGUNDA PARTE.

Primera seccion.

ESCALAS DE PERSPECTIVA.

1.°—TRANSFORMACION DE PROYECCIONES.
- Transformaciones elementales.
- Vistas ó proyecciones concurrentes.
- Definiciones y bases de la perspectiva.
- Red perspectiva.
- Escalas parciales de frente y de fondo.
- Proposiciones generales.

2.°—VISTA Ó PERSPECTIVA DE UNA BATALLA.
- Preliminares.
- Problema.
- Condiciones.
- Solucion.
- Ultimas consideraciones.

3.°—ESCALA GENERAL DE PERSPECTIVA.
- Escalas combinadas ó correlativas de frente y de fondo.
- Relaciones numéricas entre estas escalas.
- Dependencia reciproca entre las lineas de la perspectiva y su plano.

4.°—PERSPECTIVA FOTOGRÁFICA.
- Carácter general de las vistas fotográficas.
- Su aptitud para la formacion de planos.
- Práctica de las operaciones.
- Modificaciones en el aparato usual.
- Aplicaciones.

Segunda seccion.

ESCALAS DE INTENSIDAD DE TINTAS.

1.°—PRELIMINARES.

Sombras propias.
Sombras arrojadas.
Sombras en las perspectivas.
Observaciones.
Sombras en las proyecciones derivadas.
Consecuencias.

2.°—PRINCIPIO GENERAL.

Luz perpendicular al plano del dibujo.
Desarrollo del problema.
Escala general de intensidad de sombras.
Perspectiva aérea.

3.°—ESCALAS PARTICULARES DE INTENSIDAD DE TINTAS.

Indole de la superficie del terreno.
Naturaleza de sus pendientes.
Escalas de trazos.
Sistema aleman. { Escalas naturales. / Escalas de trazos característicos.
Aplicacion á las zonas elementales.
Observaciones.
Sistema francés.—Diapasones de trazos.

4.°—APLICACION GENERAL.

Dibujo topográfico.
De máquinas.
De adorno.
De arquitectura.
De artillería.
De fortificacion.
Conclusiones.

ESCALAS

DE PERSPECTIVA.

PRIMERA SECCION.

TRANSFORMACION DE PROYECCIONES

TRANSFORMACIONES ELEMENTALES.

Al tratar en la primera parte, de la representacion geométrica de los cuerpos, los hemos supuesto generalmente espresados por medio de la proyeccion gráfica horizontal y las cotas de altura de sus diferentes puntos, ó sean sus secciones de nivel ó líneas horizontales de curvatura equidistantes y acotadas.

Hemos indicado tambien, que esta manera de dibujar las superficies es equivalente á considerarlas vistas por en-

cima, segun la vertical de cada uno de sus puntos, observándose además, que este sistema envuelve la circunstancia de hacer aparecer claramente las imágenes reales y efectivas de los objetos, con todas sus condiciones geométricas.

Nada obsta, sin embargo, á que se cambie el plano de proyeccion, ó lo que es lo mismo, á suponer que los objetos se ven de costado, ó segun otra direccion conveniente para juzgar mejor de su figura ó verdaderas formas aparentes.

Desde luego se vé, que este problema se reduce al de transformar unas en otras las proyecciones, cuestion interesante que lejos de presentar dificultades, es en sí sumamente sencilla, puesto que la idea de transformacion supone ya establecido geométricamente un dibujo determinado.

Supóngase el prisma (*A*) (lámina 9, figura 1) visto por encima, esto es, dado por su proyeccion horizontal y por las cotas de altura de sus vértices y aristas, y propongámonos verlo ó dibujarlo en sentido de las dos direcciones laterales *X X* é *X Y*, ó lo que es lo mismo proyectarlo verticalmente en (A') y (A'') sobre los planos cuyas trazas horizontales son las dos líneas referidas.

Claro es, que fijando las nuevas posiciones de los vértices, quedará la transformacion completamente determinada.

Para esto, como las visuales perpendiculares al plano

vertical $X\ X$ que pasan por los puntos 0, 6, 11, 13, 4, ó sean las a, b, c, d, e, son rectas horizontales cuya altura es conocida por aquellas cotas, se sigue, que si tomamos sobre la prolongacion de sus proyecciones estas respectivas magnitudes á partir de la traza horizontal $X\ X$, segun los valores de la escala del dibujo, tendremos abatidos los nuevos vértices 6′, 11′, 13′, 4′, quedando el cero sobre la misma traza, resultando la nueva imágen despues de hacer lo mismo con respecto á los puntos 30, 36, 41, 43 y 34, y trazar las aristas correspondientes.

Lo mismo podríamos decir con relacion á la otra proyeccion (4″), y en cualquier otro supuesto.

Si se nos propusiera determinar la imágen producida por la pirámide cuadrangular (*A*) (figura 2) en el supuesto de ser vista en la direccion de la recta inclinada (22—24) no por esto se hallarian más dificultades.

Las visuales que pasan por los vértices y que antes eran rectas horizontales, ahora serán inclinadas, quedando por lo tanto reducido el problema á encontrar el punto cero de todas ellas como hemos hecho con las 18 y 15, pues además suponemos que es sobre el plano horizontal de comparacion donde se quiere la nueva imágen.

No es tampoco más embarazosa la transformacion de proyecciones que nos ocupa, cuando las visuales sean convergentes ó partan de un punto fijo de vista.

VISTAS Ó PROYECCIONES CONCURRENTES.

Supongamos (figura 3) que se trata de proyectar un poliedro (*A*) sobre un plano *P Q*, perpendicular al de su proyeccion, por medio de rectas que partan de un punto dado (71), *V*.

Para esto, haremos pasar por cada uno de los vértices del poliedro, una recta que vaya á parar al punto de concurso marcado, y hallaremos la cota correspondiente al punto de encuentro de cada una de estas rectas convergentes, con el nuevo plano de proyeccion designado.

Ninguna dificultad gráfica envuelve la solucion de este problema: en efecto, cada una de estas rectas está dada por dos cotas ó puntos, la del vértice del poliedro por el que pasa y el punto (71) de concurso: podemos, pues, establecer la escala de pendiente de una de ellas, la (16 — 71) por ejemplo, y anotar la cota (29) que le corresponde á su punto de encuentro con la traza vertical *P Q* del plano supuesto; y con respecto á las restantes, puesto que cada dos proyectantes existen en un mismo plano, podemos desde luego por medio de las propiedades de las líneas proporcionales, determinar las cotas análogas, como se ve con respecto á las (12—71) y (0—71) que son respectivamente la 33 y la 12.

Si observamos que estos puntos, interseccion de las li-

neas proyectantes concurrentes con el plano *P Q*, pueden unirse entre sí, como lo están los vértices que les corresponden, el resultado será la imágen pedida, ó bien la *proyeccion oblícua* y *concurrente* ó simplemente la *proyeccion concurrente* del objeto propuesto.

Debemos hacer notar que en consecuencia de la posicion del nuevo plano de proyeccion, la proyeccion concurrente se reduce á la porcion de la traza *P Q* comprendida entre los puntos estremos 45 y 29.

Tenemos, pues, un medio de *reducir un trazado* cualquiera *á una sola línea*, lo cual podrá ser útil en varias circunstancias de la guerra, puesto que variando convenientemente el punto de concurrencia, sin escluir su situacion al infinito como en los ejemplos anteriores, podemos escribir, por decirlo así, en cifra un plano determinado, sin que sea dable descifrarlo sin comunicar la clave, y acaso ni aun apercibirse de su existencia.

Siguiendo con nuestro propósito; para trazar gráficamente la figura que envuelve la traza *P Q* por medio de sus cotas, no tendremos que hacer sino abatir el plano sobre el horizontal como espresa la figura 4; para esto tomaremos sobre las perpendiculares á la traza, las distancias que indican las cotas, valuadas por medio de la escala del dibujo, uniendo dos á dos los puntos que resulten.

El contorno de la nueva proyeccion, corresponde en relieve al poliedro propuesto, el cual, como nos es conocido,

dá los medios de distinguir con exactitud las partes ocultas de las aparentes.

La perpendicular ($V-C$) tirada desde el punto de concurso al nuevo plano $P\,Q$ de proyeccion, es la *distancia* entre ambos; la cota 71 es la *altura* del mismo punto sobre el plano primitivo de proyeccion. El punto C referido al C' en la figura anterior es el *centro* de la proyeccion.

La *distancia* y la *altura* del punto de concurso son cosas importantes, puesto que constituyen los datos de partida para pasar de una proyeccion á la otra.

La proyeccion concurrente de un cuerpo disminuye á medida que el plano $P\,Q$ de proyeccion se acerca al punto de concurso, pero las figuras que se obtengan serán siempre semejantes entre sí, resultando proporcionales sus líneas, con las distancias de los planos de proyeccion, al punto de concurso.

La figura 6 será la proyeccion concurrente del poliedro propuesto, sobre el plano $P'\,Q'$ que pasa por el punto (m) medio de la distancia ($C-V$).

La figura 7, será una proyeccion análoga sobre el plano $P''\,Q''$, que pasa por el punto (n), mitad de (m–71).

La proyeccion concurrente de un cuerpo aumenta, pues, ó disminuye con la distancia del plano de proyeccion al punto de concurso: en el caso presente que las distancias son respectivamente la mitad y la cuarta parte de la principal, las líneas que espresan las aristas guardan tambien entre sí las mismas relaciones. Esta observacion es muy intere-

sante, como veremos despues, pues si bien ahora nos hemos referido á un solo objeto y á diferentes planos de proyeccion desigualmente distantes, nada se opone á que se verifique lo mismo cuando consideremos el caso inverso, esto es, que el plano $P\ Q$ permanezca el mismo y se trate de la representacion en él de distintos objetos á distancias diferentes, ó colocados, como se dice en las vistas de paisage, en *términos* distintos.

Cuando la traza $P\ Q$ del nuevo plano de proyeccion pase de modo, que el objeto esté colocado entre ella y el punto de concurrencia, es evidente que la imágen será más grande que el objeto.

La imágen cambiará tambien si se lleva á otra parte la proyeccion del punto de concurso, ó bien si se le atribuye otra altura, permaneciendo fijo el plano de proyeccion; inútil es advertir que no resultará semejanza entre las figuras que sean, como en este caso, el resultado de distintas posiciones del punto de vista ó de concurso.

La figura 8 presenta en $P\ Q$, como nuevo ejemplo, la proyeccion concurrente de una pirámide (A).

La charnela $P'\ Q'$ que puede ser situada arbitrariamente para el abatimiento, está dispuesta en la figura de manera, que los puntos correspondientes á los de la traza $P\ Q$, están obtenidos por medio de arcos de círculo descritos desde el punto de encuentro 38, como centro. Esta traslacion tiene solo por objeto colocar la imágen (A') obtenida, en una posicion determinada y conveniente.

El ejemplo de la figura 9 es la *proyeccion* concurrente de un prisma.

En esta construccion, hemos llevado la traza *P Q* paralelamente á si misma á *P' Q'*, antes de abatir el plano.

Es de advertir que las proyecciones de las aristas paralelas del prisma, satisfacen á la condicion de pasar todas prolongadas por un mismo punto (*a*). En general se verifica que un grupo de rectas paralelas, produce otro grupo de rectas convergentes que pasan todas por un mismo punto, cuando se presenta en proyeccion concurrente.

DEFINICIONES Y BASES DE LA PERSPECTIVA.

En la práctica se llama *proyeccion perspectiva*, ó simplemente prespectiva, á este género de proyeccion concurrente.

El cuerpo que se proyecta es el *objeto*; el plano acotado es el *plano de proyeccion* de los objetos; el nuevo plano de proyeccion es el *plano* del *cuadro* ó el *cuadro*; su traza horizontal se llama *línea de tierra*; el centro de proyeccion ó punto de concurrencia de las proyectantes, viene á ser el *ojo del espectador*, el *punto de mira* ó *de vista* ó bien el *centro del cuadro;* la línea horizontal interseccion con el cuadro, del plano horizontal que pasa por el punto de vista, se llama *línea de horizonte;* la *altura del ojo* y la *distancia del ojo* que reemplazan la altura y distancia del punto de concur-

rencia, indican de qué manera se halla colocado el espectador respecto al objeto que mira.

El punto de vista no debe estar situado, por regla general, á una distancia menor del objeto que dos ó tres veces la mayor dimension que éste presente; de otro modo la imágen podrá aparecer *deformada*.

Los puntos de encuentro de las prespectivas, de muchas rectas paralelas en el espacio, se llaman indistintamente *puntos* de *concurso* ó *puntos* de *huida*.

Estamos, pues, con solo haber establecido algunas definiciones, en pleno problema de perspectiva: podemos tambien añadir que está salvada ya su parte más enojosa y difícil.

Al efecto haremos observar, que en nada cambiarán los sencillos procedimientos que hemos empleado para poner en prespectiva un objeto, cuando estos sean muchos y colocados de distinta manera, y á diferentes distancias del punto de vista y sea arbitraria tambien la posicion de este último y la del plano del cuadro; nótase además, que lo que hemos hecho en los ejemplos anteriores, es presentar en perspectiva una multitud de planos limitados por figuras poligonales, de inclinacion accidental con respecto al cuadro, y sin relaciones fijas de oblicuidad con el punto de mira.

Síguese, pues, que toda la dificultad de la perspectiva está vencida, puesto que una ó muchas superficies por ir-

regulares y complicadas que se las suponga, no se componen sinò de facetas, ò si se quiere de puntos diversamente situados, y hemos visto con cuánta sencillez y facilidad se resuelve éste genero de problemas á partir como base, de la proyeccion horizontal acotada.

Lo que nos resta que decir es aun menos complicado.

RED PERSPECTIVA.

Supongamos que se trata de poner en prespectiva un plano topográfico con todos los accidentes que le sean peculiares; difícilmente podrá indicarse un caso más complejo ó más variado.

Sin embargo, toda la dificultad desaparece en el problema, desde el momento que supongamos trazada una cuadrícula sobre el plano en cuestion y hallemos su perspectiva; esto seria en efecto lo mismo, que haber fijado de una vez en el cuádro por medio de esta red de líneas, la posicion de todos los objetos que comprenda el plano, faltando solo el dibujarlos segun su pequeñez aparente, en relacion siempre con sus distancias respectivas al punto de vista.

Sea (*A*) (lámina 13, figura 14) el plano de una porcion de terreno y (0—6) la escala del dibujo; propongámonos determinar sobre un plano vertical cuya traza horizontal sea la línea *T R*, la perspectiva tomada desde un punto *d*, cuya

cota es (6) sobre el plano de comparacion, que será el mismo del plano propuesto.

Claro es que en este caso, *T d R* es el ángulo óptico, (*d*) el punto de vista, siendo su altura de seis unidades de la escala y de diez su distancia al cuadro.

Supongamos trazada sobre el plano de proyeccion la cuadrícula *B T* 6, cuyos lados son paralelos y perpendiculares al cuadro, y hallemos la perspectiva de estas líneas. La operacion no puede ser más fácil, pues se trata de la perspectiva de un cuadrado general situado en un plano horizontal, subdividido en otros parciales colocados en las más sencillas relaciones, con el punto de vista y el cuadro.

La figura *A'* espresa gráficamente la proyeccion vertical del punto de vista, la de las visuales *D*—1, *D*—2, *D*—3, etc., y últimamente las perspectivas *m*, *n*, *o*, etc. sobre el plano del cuadro.

Las figuras *A''* y *A'''* son las mismas proyecciones horizontal y vertical *A* y *A'*, presentando de frente el cuadro perspectivo, por medio de un cuarto de conversion en sus líneas.

ESCALAS DE FRENTE Y DE FONDO.

Fijémonos en la figura *A'''* ó sea en la perspectiva; claro es que la línea *T R* primera de la cuadrícula y que á la vez pertenece al plano y al cuadro, se presenta en su verdadera

estension, esto es, que para valuar sus magnitudes le es aplicable la misma escala del plano propuesto.

Ahora bien; verificándose que la perspectiva de las líneas de la cuadrícula perpendiculares al cuadro, convergen hácia la proyeccion *P* del punto de vista, y que las líneas que le son paralelas van sucesivamente acortando su longitud, convirtiéndose en trapecios los cuadrados primitivos, se sigue, en razon de ser igual la longitud real de todas estas líneas, que las perspectivas *m m*, *n n*, *o o*, etc., tienen respectivamente por escala la longitud que les corresponde dentro del ángulo óptico *T P R*, dividida en el mismo número de partes que lo está la *T R*, sirviendo esta misma escala, para marcar las alturas de los puntos que existan en estos mismos planos.

Tenemos, pues, el medio de conocer la escala tanto horizontal como de altura de un objeto cualquiera, situado sobre las líneas de la cuadrícula, pudiendo proceder á construir su imágen efectiva, debiéndose advertir, que resultará desde luego la perspectiva general, pues no por quedar transformados los cuadrados en trapecios, se pierden las relaciones recíprocas.

Obtenida la escala que corresponde á cada uno de los planos *m m*, *n n*, *o o*, etc. paralelos al del cuadro, y por lo tanto la magnitud aparente tanto horizontal como vertical de las imágenes que respectivamente comprendan, solo resta conocer la escala que mida el alejamiento relativo de estos planos, para poder valuar las partes ó zonas inter-

medias; escala que resultará de partes desiguales y estará dada por la proyeccion *B h*, ó por cualquiera de las líneas que desde la traza *T R* se dirija á la proyeccion *P* del punto de vista, y que deberá estar numerada segun la distancia real que separe entre sí los planos verticales, cuyas trazas producen las perspectivas *m m*, *n n*, *o o*, etc. indicadas.

Las escalas paralelas se denominan escalas de *frente* y *altura* y estas últimas de *fondo*.

Si bien en las figuras precedentes hemos supuesto, que la escala del plano y la de partida en la perspectiva, ó sea la correspondiente al primer plano ó línea de tierra *T R*, era la misma, para mayor sencillez al espresar sus relaciones, es claro que los intervalos iniciales 0—1, 1—2, 2—3 en la vista, pueden ser múltiplos en magnitud de los del plano, degenerando en *módulos* análogos ó semejantes á los empleados en arquitectura.

Dado, pues, un plano acotado y la posicion del punto de vista, podemos establecer con toda facilidad una red de escalas de frente y de fondo, que fijará desde luego la perspectiva exacta de todos los puntos, resultando del conjunto armónico de estas escalas parciales una verdadera *escala general de perspectiva*.

A la inversa, si una vista está tomada de manera que sobre ella podamos trazar las referidas escalas por sernos conocidas la posicion del punto de vista y la magnitud del ángulo óptico, es evidente que por medio de una série in-

versa de operaciones, podemos sin dificultad alguna retroceder al plano.

En todo lo espuesto acerca de este interesante asunto, hemos procedido, por decirlo así, arbitrariamente, para dar más campo y generalidad á las ideas; pero concretando los casos, pueden introducirse diferentes modificaciones de suma importancia en la práctica.

En efecto, se observa que á medida que se alejan los planos $m\,m$, $n\,n$, $o\,o$, del plano del cuadro, decrecen las distancias gráficas, introduciéndose confusion en los objetos lejanos; pero se advertirá á la vez que estos se *ven menos* y necesitan menos detalles y que además somos árbitros de establecer únicamente en la perspectiva los primeros cuadrados, suprimiendo los más lejanos, ensanchando las zonas superiores en la progresion que nos sea conveniente.

Esta consideracion no solo no introduce perturbacion en el establecimiento de las escalas parciales de frente, sino que contribuye poderosamente á determinar sus relaciones: si en la figura A''' suponemos que á la distancia $B\,h$ detenemos la perspectiva detallada de la cuadrícula, pero que la *vista* continúa hasta la línea $P\,H$ de horizonte, se verificará, si la distancia $B\,h$ es la mitad de $B\,P$, que la escala de frente h será $\frac{1}{2}$ de la inicial $T\,R$; si dividimos por mitad la proyeccion $P\,h$, la escala respectiva será $\frac{1}{4}$, y $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$ etc. las restantes siguiendo este mismo procedimiento, no com-

plicándose tampoco la valuacion de las escalas de fondo, pues solo habrá que armonizar su numeracion con la magnitud efectiva en el plano de las zonas ó divisiones gráficas, que, en el actual supuesto, siempre serán desiguales.

En la figura (A'), que es el corte ó perfil que pasa por la línea $d\ B$ del plano horizontal, podemos tambien observar que los triángulos $D\ P\ m$ y $m\ B\ 1$, $D\ P\ n$ y $n\ B\ 2$, etc., son semejantes y que comparados entre sí darán las proyecciones siguientes:

$$\left.\begin{array}{l} DP : B1 :: Pm : mB \\ DP : B2 :: Pn : nB \\ DP : B3 :: Po : oB \\ \qquad \text{etc.} \end{array}\right\} \text{que se transforman en} \left\{\begin{array}{l} DP + B1 : DP :: Pm + mB = PB : Pm \\ DP + B2 : DP :: PB : Pn \\ DP + B3 : DP :: PB : Po \\ \qquad \text{etc.} \end{array}\right.$$

de manera que sustituyendo los valores de estas líneas segun la escala, resultará

$$\left.\begin{array}{l} 10 + 1 : \\ 10 + 2 : \\ 10 + 3 : \\ 10 + 4 : \\ 10 + 5 : \\ \quad \text{etc.} \end{array}\right\} 10 :: 6 \left\{\begin{array}{l} : Pm = 5{,}45 \\ : Pn = 5{,}00 \\ : Po = 4{,}60 \\ : Pp = 4{,}30 \\ : Pq = 4{,}00 \\ \qquad \text{etc.} \end{array}\right.$$

pudiéndose por lo tanto hallar numéricamente los valo-

:

res de las partes desiguales de la escala de fondo, si se creyese esto conveniente, para evitar los errores gráficos que pueden provenir de la oblicuidad con que se cortan las líneas.

Es evidente, pues, que si las distancias gráficas $P\,m$, $P\,n$, etc., son partes alicuotas de la $P\,B$, decrecerán tambien las partes $B\,m$, $m\,n$, $n\,o$, etc. segun la misma ley correlativa.

Si comparamos las figuras A'' y A''' se advertirá fácilmente la comprobacion que se presenta en las construcciones, valiéndose de las diagonales que como la $B\,o$ forman ángulos de 45° con el cuadro, en razon de las coincidencias de perspectiva que se verifican en los puntos D' y D'' marcados sobre la línea de horizonte, que se llaman *puntos de distancia* por ser la $P\,D'$ y $P\,D''$ iguales á $B\,d$, que es lo que dista de su proyecion P el punto de vista.

Aun cuando podemos suponer terminado nuestro propósito, una vez espuesta la manera de establecer con toda generalidad las escalas de perspectiva, vamos á presentar sin embargo algunas proposiciones, que ayudan sobremanera en la práctica á determinar los detalles, por referirse al modo particular de combinarse los grupos de líneas, en estas transformaciones geométricas.

PROPOSICIONES GENERALES.

Analizando las diferentes posiciones de las líneas que hemos presentado en perspectiva en los ejemplos anteriores, podemos llegar á ciertas conclusiones que simplifican notablemente las operaciones gráficas parciales, sirviéndonos además para comprobar los resultados generales.

1.° La perspectiva de toda recta que se dirige al ojo del espectador, será un punto y la que no se dirige á él será necesariamente otra recta.

Sea la *A B* (figura 10, lámina 9) la recta que se dirige al punto de vista *V*—35; necesariamente se confundirán con ella misma todas las visuales que partan de sus puntos, pasando, por consiguiente, por la traza de esta recta con el plano *P Q* del cuadro, la cual tiene la cota 21,50: la perspectiva de esta recta será, pues, el punto *A'* abatido á la izquierda de la traza *P Q* del cuadro.

Si la recta fuese la *D E* que se dirige arbitrariamente, su perspectiva será la *D' E'* no pudiendo dejar de ser así, puesto que el punto de vista y la línea propuesta determinan un plano cuya interseccion con el plano del cuadro será precisamente una recta.

2.° La perspectiva de toda recta que se dirija á la vertical que pasa por el ojo del espectador, pero no al ojo, es otra vertical.

Esto es evidente, pues se percibe desde luego que la recta *F G* y el punto de vista *V* existen sobre un mismo plano vertical *V F G*, cuya interseccion con el del cuadro, será una recta de la misma especie, que se proyectará en *G' F'* perpendicularmente á su traza, pasando por el punto en que la corta la proyeccion *G F V* indicada.

3.° La perspectiva de toda recta paralela al plano del cuadro, es otra paralela á la referida recta.

Sean (figura 11) las rectas *A B* y *E D* inclinadas, la vertical en *N* y la horizontal *H G*: por la condicion de ser paralelas al plano *P Q* del cuadro, no puede menos de suceder que existan todas en planos como el *D B* y el *H G* paralelos al primero. Los planos, pues, determinados por estas rectas y el punto de vista *V*, estarán cortados por planos paralelos como el *D B*, *H G* y *P Q* en el caso presente, debiendo por lo tanto ser paralelas las intersecciones, esto es, las rectas propuestas y sus perspectivas correspondientes.

Por lo espuesto, vemos ya que el carácter distintivo de la proyeccion que nos ocupa es tal, que solo los grupos de rectas que se dirigen á la vertical del punto de vista, los de horizontales paralelas al plano del cuadro y los de verticales, presentan respectivamente paralelas entre sí las perspectivas, cualquiera que sea por otra parte la posicion de estas líneas; resultando la perspectiva de los demás grupos, en direcciones convergentes hácia puntos determinados, segun sea el sistema de líneas que se considere.

Uno de los objetos primordiales de toda teoría que tienda á desenvolver en detall los principios de la perspectiva, es, pues, el de determinar directamente la posicion de los puntos que hemos llamado de concurso ó de *huida*.

Todo este mecanismo geométrico puede decirse que estriba en la proposicion siguiente, por demás sencilla.

Si una recta en el espacio se dirige á encontrar el plano del cuadro, su perspectiva pasa necesariamente por el punto en que lo atraviesa y por la traza de una línea paralela á ella, tirada por el punto de vista.

Sea la recta $A\ B$ en el espacio (figura 12): el punto en que encuentre al plano del cuadro será el (10): si por el punto de vista V se tira un rayo visual $V\ B''$ paralelo á la recta $A\ B$, cortará al plano del cuadro en el punto 20,50 siendo por consiguiente la recta $A'\ B'$ la perspectiva que buscamos, abatido que sea el plano $P\ Q$ del cuadro.

Es, en efecto, fácil hacerse cargo de que la recta $A\ B$ propuesta determina un plano con el punto V de vista, que es, por lo tanto, su plano de perspectiva; la traza de este plano con el del cuadro, será, pues, la perspectiva de la recta espresada, y como esta traza pasa necesariamente por los puntos 10 y 20,50, se verifica lo que habíamos enunciado.

Es preciso concluir de aquí, que la perspectiva de una recta se dirige siempre hácia el punto, en que el rayo visual que le es paralelo, encuentra el plano del cuadro. Si tenemos, pues, varias rectas $A\ B$, $D\ E$, $F\ G$, etc., paralelas

entre sí, es evidente que sus perspectivas pasarán todas por un mismo punto *R*, que será el espresado, y al cual hemos llamado *punto de huida.*

Tal es el principio fundamental en que estriban casi todas las operaciones de la perspectiva: ordinariamente se le enuncia de este modo general: las líneas paralelas en el espacio, representadas sobre el cuadro, van á concurrir á un punto, el cual es aquel en que el rayo visual que le es paralelo atraviesa el mismo cuadro.

Si las rectas paralelas son horizontales, con tal que no sean paralelas al plano del cuadro, tendrán todas sus puntos de huida sobre la horizontal trazada en él, á la misma altura que se halle el punto de vista, ó sobre la línea del horizonte.

En cuanto á las horizontales paralelas al plano del cuadro, como no pueden tener punto de huida puesto que el rayo visual que les sea paralelo no puede encontrar al cuadro, se sigue que sus perspectivas han de ser paralelas á la línea del horizonte.

Es evidente tambien, como consecuencia, que las horizontales perpendiculares al cuadro tienen su punto de concurso en el de proyeccion del punto de vista sobre el cuadro, que se llama tambien por esta circunstancia *punto principal.* Las horizontales que formen con el plano del cuadro ángulos de 45° tanto á la derecha como á la izquierda, irán á concurrir en perspectiva necesariamente á los puntos llamados *de distancia*, porque además de estar

situados en la misma línea de horizonte, sus distancias al punto principal y al ojo del espectador son iguales, formando con la perpendicular al cuadro triángulos rectángulos isósceles.

Tambien es fácil de reconocer, que las rectas paralelas que no son horizontales, no pueden tener como estas sus puntos de huida sobre la línea del horizonte. Las que se elevan conforme se alejan del plano del cuadro, tendrán por encima de esta línea sus puntos de huida, en cuyo caso se los llama *aéreos*; y por el contrario, las que descienden á medida que se alejan, tendrán su respectivo punto de huida por debajo de la línea del horizonte, llamándose entonces *terrestres*.

El principio fundamental que hemos analizado, produce como consecuencia otro principio análogo igualmente fecundo y del cual se pueden sacar nuevas consecuencias. Todos los planos paralelos puestos en perspectiva, reconocen una línea de concurso que se llama la *línea de huida* de todos ellos.

Supongamos primeramente (figura 13) un plano *A B*, no paralelo al plano *P Q* del cuadro.

Desde luego se ve por lo espuesto, que las horizontales del plano *A B*, tales como la *D E*, tienen un punto de huida que será el *R*. Si además trazamos en el plano propuesto otra línea cualquiera *E F*, esta y sus paralelas reconocerán en su perspectiva otro nuevo punto de huida que será el (32); la recta *A' B'* será, pues, la línea de huida pertene-

ciente al plano *A B* propuesto. Esta línea es necesariamente paralela á la interseccion del plano *A B* con el *P Q*, abatida tambien segun *B'' A''* en la figura.

Se sigue, pues, que si se tratase de un sistema de planos paralelos, se encontraria para todos ellos la misma traza de huida, puesto que sus horizontales reconocerán todas un mismo punto de concurso, el *R* por ejemplo, para referirnos á la figura anterior, y como las intersecciones de los planos propuestos con el plano *P Q*, son todas paralelas entre sí, no es posible sino que se confundan con la *B' A'* todas las líneas de huida respectivas, resultando esta misma para todos.

La traza de huida de los planos verticales oblícuos al cuadro, será vertical tambien, en consecuencia de lo espuesto, debiendo pasar por el punto de huida de sus trazas horizontales.

Cuando los planos verticales sean perpendiculares al cuadro, su traza de huida pasará por el punto principal. Cuando estén inclinados 45° con respecto al cuadro, su traza comun de huida pasará por uno de los puntos de distancia. En fin, cuando sean paralelos al cuadro, no existirá traza de huida, porque entonces sus intersecciones con el plano del *terreno*, puestas en perspectiva, serán paralelas á la línea de *tierra* quedando comprendidas entre esta línea y la de horizonte: los planos verticales de esta última especie, son como se vé los llamados *planos de frente.*

El plano de frente más lejano que se pueda concebir,

tendrá el horizonte por interseccion con el terreno, llamándose por esta razon el *fondo del cuadro*.

Sentados estos precedentes, pasemos á combinarlos prácticamente.

VISTA O PERSPECTIVA DE UNA BATALLA.

PRELIMINARES.

Vamos á presentar un ejemplo para acabar de fijar las ideas, habiéndolo elegido lo más general posible, como lo indica el epígrafe de este capítulo (1).

Un campo de batalla, en efecto, envolverá no solo la perspectiva de una grande estension de terreno, con sus variados accidentes y copiosos detalles topográficos naturales y de cultivo, sino tambien una multitud de objetos diferentes, como edificios, poblaciones y obras de arte, además de las posiciones militares y órden de combate de las tropas.

El tratar geométricamente esta cuestion, no obsta á ofrecer vasto campo á la imaginacion, para introducir en el cuadro gran número de episodios. Sin dañar al conjun-

(1) Aprovechamos con gusto esta ocasion, para dar á conocer el opúsculo publicado en 1809 por el Comandante de batallon L. N. Lespinasse, sobre este interesante género de dibujo.

to, ni á la verdad y esclusivismo del asunto, este procedimiento envuelve en si todo cuanto la pintura ó el genio del pintor pueda sugerirle en armonía con las descripciones, las circunstancias, trajes, armaduras y armas de la época, de cuya última parte habremos de prescindir, sin embargo, ya por no estar su relacion inmediata con nuestro propósito, ya porque pertenece esclusivamente al género de la pintura en sus más altas concepciones.

No nos referimos, por lo tanto, á los cuadros de batallas compuestos solamente de imaginacion, ó por descripciones siempre vagas para ser bien conocidas, ni á cuadros por lo tanto esclusivamente de pintura; trataremos únicamente de la manera de formar perspectivas geométricas de un campo de batalla, que puedan ser por su verdad y exactitud monumentos históricos y objeto de instruccion militar: cuadros, en fin, que espresen fielmente la posicion de las tropas de una parte y de otra, las distancias respectivas entre las mismas, la estension y los detalles del terreno sobre el cual los ejércitos están en accion, sus obras defensivas y todas las circunstancias especiales relativas á un caso concreto, cosa que no puede obtenerse sino por medio del plano geométrico esclusivo, presentado exactamente en perspectiva.

Vamos á permitirnos hacer algunas observaciones acerca de la importancia de este asunto.

Organizada la perspectiva de este modo, no hay duda que resultará un cuadro, que sometido á la inspeccion de

los que hayan concurrido á una accion, ó mejor á la de los Generales que la hayan mandado y que no pueden engañarse respecto á la posicion general y á los movimientos particulares de los cuerpos de tropa, las maniobras de la artillería, etc., no podrá menos de llamar la atencion por su verdad y exactitud, siendo realmente la vista de tal ó cual batalla: procediendo de otro modo, resultará sí, un cuadro curioso y tal vez de mérito, por el arte y la ciencia que el pintor haya desplegado en su ejecucion, pero que realmente no espresará lo que se quiere ó sea la batalla propuesta, y por lo tanto no será de utilidad bajo su punto de vista efectivo, ó sea histórica y militarmente considerado.

No necesitamos esforzarnos, para hacer comprender la gran diferencia que habrá entre dos cuadros, establecido el uno geométricamente, y el otro á la simple inspeccion de los lugares.

En el primero, todo será armonía, todo verdad en sus combinaciones; en el segundo, formado á la simple vista, ó aun cuando se suponga tener á mano un plano geométrico del terreno para ser consultado, se encontrará siempre una falta de proporcion y de relaciones entre las cosas, tanto en el conjunto como en los detalles, cualquiera que sea la facilidad é inteligencia del compositor, porque es imposible apreciar con la exactitud necesaria las dimensiones en longitud y latitud de un terreno de la estension de un campo de batalla, y la multitud de objetos diversos

que debe comprender necesariamente. Las partes y accidentes del terreno no guardarán sus posiciones respectivas; los diferentes planos de fondo no estarán degradados segun su distancia á la base, puesto que el espacio ó intervalo que exista entre ellos, estará necesariamente mal apreciado, y en consecuencia de esto, los objetos que se coloquen en elevacion, serán ó demasiado grandes ó muy pequeños, con relacion á las masas de terreno que los avecinen, ó desproporcionados entre sí, y desde luego se puede asegurar que no estarán en su lugar respectivo, y finalmente, que no resultará armonizado el conjunto.

La consecuencia de todo esto será, pues, el obtener un todo informe; no se hallará espacio suficiente para colocar los cuerpos de ejército en posicion; todo aparecerá, por decirlo así, en abreviacion, todo apiñado confusamente, sin disposicion de órden ni de intervalo, ni armonía en los efectos, á pesar de los esfuerzos que se hagan para procurarlo, ya sea por el sacrificio de la luz ó por la oposicion de tonos y de colores. No marchando de acuerdo ni pudiéndolo estar en estos cuadros, la perspectiva lineal y la *aérea*, no podrán presentar ni la una ni la otra, que como se vé seria el mayor defecto que podria atribuírseles, quedándoles solo el mérito que pudieran tener por habérselo prestado el pincel materialmente, siendo el resultado final de todo punto absurdo con relacion al objeto propuesto.

Sabido es, que el principal mérito de un cuadro consiste en la buena composicion, despues en la estricta obser-

vancia de los principios de la perspectiva aérea, por lo tocante á los efectos de luz y los contrastes, y despues en el correcto dibujo de sus detalles y figuras y su apropiado colorido. Solo, pues, poniendo exactamente los planos geométricos de una batalla en perspectiva, se puede llegar á la base de todos estos procedimientos, que es la composicion racional del cuadro, obteniendo la precision indispensable de proporciones entre los detalles y el conjunto. Por este solo medio se llegará á lograr el producir hermosas y sábias composiciones, ya sea que los planos geométricos sean verdaderos ó exactos, ó bien que hayan sido formados aproximadamente, á partir de buenas descripciones. Para acertar, en fin, se vé claro que será indispensable siempre partir como base de un plano geométrico, porque este ha de ser, puesto en perspectiva, el alma de la composicion del cuadro, sin que la imaginacion tenga nada que hacer ni cambiar en esta parte, estando dadas por él en todos los casos las formas, las dimensiones y las posiciones respectivas en mútua relacion y dependencia.

De todo lo dicho se deduce, que este género de composicion sale de la esfera de los procedimientos generales de la pintura, y por consiguiente corresponde más bien su formacion á personas *familiarizadas con la geometría* descriptiva y la perspectiva, y no agenas á la topografía y sus procedimientos, cosa indispensable para la inteligencia y lectura detallada de los planos geométricos. Sin poseer á fondo estos ramos de instruccion, no es posible vencer las

dificultades que han de presentarse necesariamente desde luego, tanto por la grande estension del terreno que se está en la precision de figurar, como por la pequeñez de la escala del dibujo, lo cual ha de embarazar sobremanera para la espresion conveniente de los accidentes topográficos del terreno y de los demás objetos que contenga este. Sin tener en cuenta todas estas circunstancias, producto de tantos conocimientos geométricos, no es posible atinar con la verdadera posicion que debe darse á la base del cuadro, ni con su estension conveniente, ni con la disposicion más ventajosa del punto de vista, para que las figuras y objetos de los primeros planos no resulten de una dimension escesiva, y en los de los últimos de tamaños indefinibles.

El cróquis, pues, ó boceto de semejantes cuadros, pertenece, en cuanto á su formacion, á los hombres científicos, á partir de cuya base, será ya fácil en cierto modo á un pintor escelente y ejercitado en género tan difícil, el concluirlos y adornarlos con todo lo que le sugiera su imaginacion y los recursos de su noble y preciado arte.

PROBLEMA.

Dado el plano de una batalla, ponerlo en perspectiva en union con los accidentes del terreno.

Sea *A B C D* (lámina 10) el plano del campo de batalla

propuesto, dibujado á la escala $\frac{1}{30000}$, lo cual supone aproximadamente que el lado mayor abrace una estension de $\frac{5}{4}$ de legua, $\frac{3}{4}$ el lado menor, siendo de $1\frac{1}{2}$ las diagonales del rectángulo.

De los dos cuerpos de ejército respectivos, que se distinguen por medio de los signos convencionales conocidos, el primero ataca en columnas los atrincheramientos que cubren la línea de batalla del segundo, establecida al otro lado de un rio vadeable, que aquel atraviesa al efecto.

CONDICIONES.

Empezado el ataque por el pueblo *E* y la batería *F*, y habiendo decidido el éxito de este ataque del resto de la accion, se pide que el punto de vista ó el espectador, esté colocado lo más cerca posible de los puntos atacados, segun la estension del terreno que se ha de abrazar lo permita.

SOLUCION.

Para cumplir estas condiciones, como el espectador no debe estar colocado con más proximidad á los puntos atacados que en el punto *A*, se ha dirigido desde este la capital del cuadro ó rayo principal al punto *G*, de manera que

divida el ángulo recto *C A D* en dos partes iguales: siendo este ángulo óptico el que conviene elegir con preferencia en estas circunstancias, pues se encuentra así formado naturalmente por los dos lados *A C* y *A D* del rectángulo mismo del plano comprendiéndolo en toda su estension, lo cual llena las condiciones enunciadas de colocar el espectador lo más cerca posible de la escena principal y de hacerle abrazar todo el espacio dibujado en el plano por medio del ángulo óptico *C A D* designado.

Esto supuesto, empecemos por trazar sobre el plano perpendicularmente á *A G* una recta *L H* de 200 metros segun la escala del plano, y supongamos que esta sea la traza del cuadro y la magnitud que se le atribuye; bajo este supuesto, el punto de vista *A* quedará á 100 metros de distancia.

Sobre esta base *L H*, estableceremos una cuadrícula que avance únicamente hasta 1200 metros, para no caer en el inconveniente de que se cierren demasiado los trapecios resultantes en la perspectiva.

A partir de este límite, reemplazaremos la cuadrícula por zonas sucesivas para evitar el mismo obstáculo, suponiendo la inmediata de 1140 metros de ancho ó sea hasta 2340 metros del cuadro; los dos siguientes estarán á 3180 y 4620 metros, y así sucesivamente hasta la última, segun marcan al márgen los números 6, 12, 18, 24, etc.

Supongamos ahora, que para establecer la perspectiva elegimos una escala 35 veces mayor que la del plano, lo

cual dará para la línea *L H* de la lámina 11, la longitud convenida de 200 metros, para base del cuadro.

Supongamos tambien, que la altura á que se sitúa el punto *C'* de vista, ó lo que es lo mismo, la línea *D' D''* de horizonte en la misma lámina, es la de 100 metros.

Sentados estos procedentes, y á partir de estos datos, podemos proceder á determinar la perspectiva de la cuadrícula en cuestion y la de las líneas que terminan las zonas superiores, ya valiéndonos de métodos gráficos, ya empleando el sencillo cálculo de triángulos ó proporciones que hemos indicado, para determinar los valores efectivos de las divisiones de la escala de fondo, espresada por las partes desiguales anotadas en el marco.

Claro es, que las dos diagonales *L C'* y *H C'*, que partiendo de la base ó estremidades del cuadro van á parar al punto *C'* de mira, interceptan en todas las rectas paralelas al marco inferior ó base del cuadro, hasta la division (6), estensiones cada vez menores, pero que cada una de ellas vale respectivamente 200 metros como la base, por espresar todas ellas el lado de un mismo cuadrado, si bien situado á distancias diferentes.

Podemos, pues, conocida esta magnitud, establecer las escalas de frente correspondientes á todas estas líneas, que nos darán las magnitudes en largo y alto, de los objetos situados sobre ellas y por lo tanto el tamaño relativo de cada uno, con relacion á las condiciones de la red perspectiva trazada.

Hallada, pues, la perspectiva de la cuadrícula supuesta como se vé en la lámina 11, siendo conocidas las dimensiones gráficas de todas sus partes, correlativas á las del plano, podemos proceder á situar sobre esta red de escalas parciales, los objetos correspondientes, guiándose en los detalles, por las reglas ó proposiciones generales de perspectiva que hemos establecido.

El primer rectángulo de tropas, por ejemplo (lámina 10), que está apoyado en la base *L H* del cuadro ó sea la primera línea de la cuadrícula, que representa caballería y que suponemos ser el Cuartel general y la escolta, está colocado de manera que sus líneas son perpendiculares ó paralelas al cuadro; su perspectiva, pues, en la lámina 11, se fijará tomando sobre la línea de tierra *L H* y á partir del ángulo *L*, la magnitud de este rectángulo, encerrando su perspectiva entre las dos líneas convergentes, que van á parar á la proyeccion *C'* del punto de vista ó punto principal.

En los dos rectángulos contiguos á este en el plano, que espresan igualmente caballería, representando escuadrones en marcha para vadear el arroyo confluente que pasa por delante del primer pueblo, se notará que cortan con sus líneas, en ángulo de 45°, los lados de la cuadrícula y por lo tanto al plano del cuadro, ó lo que es igual, que su direccion es paralela y perpendicular respectivamente á la diagonal del primer semicuadro de la izquierda.

Esto supuesto, haremos observar que en el cuadro (lá-

mina 11), las líneas $C'\ D' = C'\ D''$ de 100 metros, son iguales por construccion á la distancia del punto de vista al cuadro, proyectada en D' y D'' despues del giro del plano vertical $A\ C'$ que la contiene, hasta ponerse paralelo al cuadro á derecha é izquierda de su línea principal. Los puntos D' y D'', marcan pues, los puntos que hemos llamado de distancia; siendo por lo tanto los de huida de todas las líneas de 45°.

En este concepto, es claro que las líneas espresadas que hemos observado cortan prolongadas el plano del cuadro á 45°, se dirigirán en perspectiva, los lados mayores hácia el punto D'', y sus perpendiculares al D' como puntos comunes de concurso para esta clase de líneas, segun las proposiciones que hemos demostrado.

Hallada, pues, la posicion que corresponde en el marco á la magnitud $E\ F$, su union con el punto D'' nos dará la perspectiva de los lados laterales de los escuadrones, determinando su estension correspondiente por medio de sus líneas de cabeza que se dirigirán al otro punto D'.

La perspectiva del río, la del pueblo de la confluencia, la de la primera columna por batallones que vadea el río, la artillería y todos los demás objetos comprendidos dentro de la parte cuadriculada, es evidente que se podrán situar valiéndonos de la misma perspectiva de la cuadrícula, guardando las relaciones y disposicion con que se cortan sus líneas, guiándonos siempre y comprobando los resultados por medio de las reglas generales establecidas.

Pasando ahora á las zonas estremas en que hemos dividido la estension restante del plano, se observará que si unimos el punto (6) del marco con el punto principal *C'* y el punto *Y* del cuadrado central con el *D''* de distancia á la derecha, la diagonal *D'' Y* envolverá la perspectiva de todos los vértices de los cuadrados que pueden trazarse desde la línea 6—*Y* hasta la de horizonte, verificándose lo mismo por la izquierda si repetimos la construccion por este lado. La interseccion de estas dos diagonales, producirá la horizontal 12, siéndonos conocida su distancia en metros al plano del cuadro. Si desde este punto 12 tiramos otra diagonal 12—*C'*, su interseccion con la *Y D''* nos dará igualmente el punto 18, y así sucesivamente, resultando en último caso subdivididas las zonas indicadas en triángulos cuyas perspectivas quedan determinadas, y otro medio de comprobar las magnitudes de las divisiones decrecentes de la escala de fondo, aunque poco seguro por la oblicuidad con que se cortan las líneas.

Bien se vé que, á pesar de todo lo espuesto, habrá siempre puntos en el plano cuya determinacion debe hacerse con toda precision en la perspectiva, sin que á esto alcance sino por aproximacion la red de líneas establecida.

Uno de los medios más espeditos y apropiados que podemos emplear en este caso, es el indicado en la proposicion tercera, esto es, que toda recta que se dirija á la vertical que pasa por el punto de vista, aparecerá en el cuadro ó tendrá por perspectiva una perpendicular á la

base del cuadro, puesto que será vertical su plano proyectante.

La ventaja en las aplicaciones de este principio general, consiste, en que como tenemos fijos los puntos correspondientes de la cuadrícula del plano y de la perspectiva, es muy fácil determinar sin otros datos los puntos de paso y la magnitud de estas perpendiculares.

Supongamos que sea el punto *S* del terreno (lámina 10), inmediato á la batería *N*, el que tratamos de situar exactamente en la perspectiva.

Por el punto de vista *A* se tirará la recta proyectante *A S* y se observará los puntos que envuelve esta línea, y como vemos que pasa por el punto *O* situado en uno de los ángulos del cuadro *O*—2—3—4 y que el punto *Q* en el plano perspectivo, es el correspondiente al punto *O* del plano geométrico, deduciremos que la imágen del punto *S* que buscamos, estará precisamente en la perpendicular *C Q* á la base; que es la traza del plano vertical proyectante de la *A S*.

Como además nos es conocida por la escala del plano la distancia horizontal al cuadro del punto *S* en cuestion, se sigue que podemos fijar la magnitud *C S* de la perpendicular indicada, pues será la que corresponda á su longitud real, segun la escala de fondo trazada en el marco de la perspectiva, ó sea la horizontal que en el caso presente corresponde al medio del intervalo, entre las 12 y 18.

Si quisiéramos tambien, por ejemplo, fijar exactamen-

te la posicion de la línea de batalla *M R*, tomaremos sobre ella arbitrariamente dos puntos *P* y *R*, de manera que pasen las proyecciones *A P* y *A R* para mayor facilidad en las referencias, por los ángulos de los cuadrados anteriormente determinados, lo cual siempre podemos hacer, porque es indiferente que estos puntos *P* y *R* estén tomados más ó menos distantes, puesto que se trata de fijar la posicion de una línea recta.

Por esta razon, se han dirigido señaladamente desde el punto *A* á los ángulos 3 y 5 de dos cuadrados del plano geométrico, á fin de obtener por medio de su prolongacion hasta la línea de batalla, los dos puntos *P* y *R* que necesitamos, para referir su posicion á la base *L H* del cuadro. Lo único que resta hacer, es obtener la distancia perspectiva á la base de esta línea de batalla; para esto seguiremos el procedimiento indicado, de ver cuáles son los puntos correspondientes en el cuadro á los 3 y 5 del plano, haremos pasar por ellos dos perpendiculares á la base *L H*, y fijaremos sobre ellas la posicion de los dos puntos *P* y *R*, tomando, á partir de *L H*, la longitud efectiva que les corresponda en el plano, valuada segun la escala de fondo.

Supérfluo parece entrar en consideraciones acerca del modo de darle la altura que le corresponde á un punto cualquiera que sea, ó á un objeto cuya posicion se ha fijado ya en la perspectiva. Dado este punto, es claro que resulta determinada la escala de frente correspondiente, con graduar la paralela á la base que pase por él, segun la magni-

tud de la parte que sea interceptada por el ángulo *H C' L* ó sus mitades *A C' L* ó *A C' H*, cuyo valor sabemos es en todas de 100 metros.

Sabido es, que por esta escala han de valuarse no solo las distancias ó magnitudes horizontales relativas al plano particular de frente á que se refiere, sinó que por la misma escala han de fijarse las alturas respectivas á los puntos que comprende la traza, ya espresen cotas del terreno ya la altura de objetos situados sobre él, como casas, torres, árboles, tropas, etc., cuyas perspectivas resultarán naturalmente cada vez más pequeñas, segun sea mayor su alejamiento del plano del cuadro.

Dedúcese tambien de aquí, que cada uno de estos planos de frente, cuya escala particular nos es siempre conocida, constituye un perfil general paralelo al cuadro, cuyos contornos podemos trazar en la perspectiva con toda la exactitud geométrica que le es propia, resultando de la combinacion de todos ellos, la vista exacta del relieve del terreno, del mismo modo que en la primera parte (lámina 7) presentamos como ejemplo, la proyeccion vertical de una cierta estension de terreno espresada por curvas horizontales valiéndonos de la determinacion de secciones obtenidas por medio de planos verticales, paralelos y equidistantes.

Solo, pues, nos resta decir algo sobre la lámina 12, que es en definitiva el objeto de todas las operaciones. Es evidente, que el trabajo geométrico termina en la lámina 11,

entrando el resto en el dominio esclusivo de la pintura; nada, pues, nos es dado establecer sobre este punto como no sea hacer algunas indicaciones.

Como el punto verdaderamente objetivo es el presentar el cuadro de la batalla en cuestion, claro es que á él debe sacrificarse entre ciertos límites algo del rigorismo geométrico.

El pintor debe tener libertad en efecto para introducir episodios que animen el cuadro, si efectivamente están dentro de su índole, evitando en lo posible la monotonía que envuelve en sí la formacion táctica de las tropas rigorosamente observada.

En el desarrollo artístico del rectángulo geométrico ó trapecio perspectivo que indica la posicion del cuartel gegeneral, se notarán diferentes circuntancias de este género que, sin dañar al conjunto ni á la idea, dán vida y animacion al cuadro al mismo tiempo que hablan á la imaginacion del que lo mira.

Otra cosa haremos notar y es que á espensas del número, está algo exagerada la magnitud de las figuras, con respecto á la que geométricamente les corresponde, lo cual nace de la misma pequeñez del cuadro en que hemos querido encerrar una escena tan dilatada; pero se observará á la vez que esta licencia, prudentemente manejada, en vez de dañar á la idea de presentar fielmente dibujada la batalla, contribuye poderosamente á la mejor percepcion del asunto principal, separándole de los detalles que lo en-

vuelven y presentado su verdadera y esclusiva fisonomía.

Terminaremos aquí esta cuestion, pues bien se ve que el resto pertenece á los efectos de luz, al colorido y, en una palabra, á la pintura.

ESCALA GENERAL DE PERSPECTIVA.

ESCALAS CORRELATIVAS DE FRENTE Y DE FONDO.

A pesar de lo espuesto, todavía podemos llevar mucho más adelante la investigacion geométrica del interesante problema que nos ocupa.

Reflexionando que la arbitrariedad en las escalas de perspectiva proviene de la regularidad de las líneas en la cuadrícula del plano, que se descompone en la perspectiva, se ocurre desde luego que invirtiendo el procedimiento, esto es, regularizando la red perspectiva, caerán las imperfecciones, por decirlo así, sobre la cuadrícula supuesta que constituye el plano, la cual se convertirá en una série de rectángulos de magnitudes diferentes; pero esto no producirá desventaja, pues sabido es que tal ó cual subdivision de un plano no tiene influencia efectiva cuando se trata de copiarlo, de reducirlo, de ampliarlo, ó en último término de ponerlo en perspectiva ó transformar su proyeccion, no siendo las líneas trazadas sobre él, cualesquiera

que sean, sino coordenadas gráficas particulares de algunos de sus puntos, que al ser trasladadas al cuadro conservarán las mismas referencias.

Bajo la evidencia de este principio, hemos hecho ya algunas indicaciones, señalando la manera de obtener una série correlativa de escalas de frente, suponiendo dividido el campo del cuadro en zonas cuya amplitud gráfica esté en relacion con la proyeccion geométrica $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, etc., resultando de aquí al mismo tiempo que las divisiones gráficas desiguales de las escalas de fondo, decrecerán tambien segun una ley determinada.

Las ventajas de esta observacion son palpables, pues no solo reducirán las operaciones gráficas de la perspectiva, siempre algo vagas por su naturaleza, á cálculos numéricos, sino que para nosotros envuelve este procedimiento una circunstancia preciosa, cual es, la de poner en armonía la relacion mútua de las escalas de frente en la perspectiva, con la série de escalas geométricas que al principio hemos propuesto como la más conveniente y ventajosa para los diferentes usos y servicios, tomando por fundamento de esta aseveracion la índole especial de sus denominaciones.

Sea el cuadro plano vertical, cuyo campo es el rectángulo *C T R L* espresado en la figura 15-*A''* de la lámina 13.

Supongamos que se ha preparado el cuadro determinando la línea de horizonte *H Z*, la vertical *B V* del punto de vista *P*, y la línea *B P* que mide la altura del ojo.

La distancia *D P* del punto de vista *D* al cuadro (figura 15-*A'*) es igual á *P H* ó *P Z* (figura *A''*) y los puntos de distancia están dados en este caso por las estremidades *H* y *Z* de la línea del horizonte.

Esto supuesto, la construccion de las *escalas de perspectiva* sujetas á la condicion de regularidad de que hemos hablado anteriormente, se reducirá á las operaciones siguientes.

Divídase el campo verdadero del cuadro, esto es, el espacio comprendido entre la línea *T R* de tierra y la de horizonte *H Z*, en dos partes iguales ó zonas, por una horizontal *m m* paralela á la línea de tierra *T R*, dividiendo la *m m* en partes iguales, cada una de la mitad del módulo trazado en la línea de tierra.

Divídase igualmente la zona superior *H m m Z* en otras dos zonas, por una línea paralela tambien á la línea de tierra subdividida en partes iguales, cada una de $\frac{1}{4}$ del módulo.

Análogamente la zona superior *H n n Z* quedará dividida por una línea *o o*, en partes de la magnitud de $\frac{1}{8}$ del módulo.

Es evidente, que aunque continúe la subdivision espresada sobre un campo más grande, adoptando un módulo mayor, sucederá lo mismo, y se obtendrán escalas de *frente* ó de *longitud* y *altura*, cuyas partes, tomando el módulo por unidad, decrecerán en todos los casos segun la progresion *binaria*

$$1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \frac{1}{32} : \frac{1}{64} : \text{etc.},$$

série cuyos primeros términos están en completa armonía con la denominacion que hemos propuesto como la más conveniente para las escalas generales.

Para convencerse de la exactitud de este procedimiento, basta tirar por las divisiones homólogas de estas escalas, líneas que todas irán convergiendo al punto de vista *P* y probarán, que las magnitudes sucesivas de las *escalas de frente* no son en este sistema, sino un simple resultado de la naturaleza de las líneas proporcionales, que entran en toda perspectiva.

La *escala de fondo* ó de longitud, estará dada por la misma construccion, y se encuentra trazada naturalmente sobre la línea *BP* dividida en las partes *Bm*, *mn*, *no*, etc. respectivamente iguales, la *B m* á la mitad, *m n* al cuarto, *n o* el octavo, etc. de la altura del ojo: de manera, que si se toma por unidad la semialtura del mismo, las partes gráficas desiguales de la escala de fondo decrecen tambien segun la misma progresion binaria, $:: 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} :$ etc.

Las partes *Bm*, *mn*, *no*, etc. de la escala de fondo, representan longitudes reales *B M*, *M N*, *N O*, etc. (figuras 15-*A* y *A'*) medidas sobre la línea horizontal que pasa por los puntos *d* y *B* del plano y del corte: en efecto, si se observa el perfil de la figura *A'*, se echará de ver sin esfuerzo, que *Bm*, *mn*, *no*, etc. son las perspectivas de las zonas *BM'*, *MN'*, *NO'*, etc.; perspectivas que están determinadas sobre el perfil *BV* del cuadro, por los rayos visua-

les *D m M*, *D n N*, *D o O*, etc. Se notará además en la figura *A* que la perspectiva está tomada suponiendo el punto de vista, situado en el vértice del ángulo recto del marco del plano como en el ejemplo anterior, siendo su bisectriz *d B V* la línea principal adoptada.

Comparando los triángulos iguales *D P m* y *m B M'* y los triángulos semejantes *D P n*, *n B N'*, *D P o* y *o B O'*, etc. Se hallará que *B M'* es igual á la distancia del ojo *D P*, que *M N'* es el doble de esta distancia, *N O'* el cuádruplo, y así sucesivamente; de manera que las magnitudes reales *B M*, *M N*, *N O*, etc. tomando por *unidad* la distancia del ojo, crecen tambien segun la progresion binaria :: 1 : 2 : 4 : 8 : 16 : 32 : etc., mientras que sus perspectivas *B m*, *m n*, *n o*, etc. decrecen segun la progresion de la misma especie

$$:: 1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \frac{1}{16} : \text{etc.}$$

Se sigue de aquí que en los casos como el presente, en que la distancia del ojo *D P* y la mitad de su altura *B M* son iguales, las dos progresiones están multiplicadas por la misma cantidad y vienen á ser comparables entre sí, resultando que las longitudes perspectivas *B m*, *m n*, *n o*, etc. son entonces á las longitudes reales *B M*, *B N*, *B O*, etc., como la unidad es á los cuadrados de los términos de la progresion, esto es, :: 1 : 4 : 16 : 64 : etc.

Hasta ahora hemos examinado únicamente los valores especiales de las partes *B m*, *m n*, *n o*, etc., segun las cuales la *escala de fondo* queda dividida por las *escalas de frente* *m m*, *n n*, *o o*, etc. Consideremos al presente las líneas

Bm, Bn, Bo, etc. que miden respectivamente, la distancia á que las escalas mm, nn, oo, etc. están del punto B perteneciente á la línea de tierra, tomado como punto de partida.

Las distancias perspectivas Bm, Bn, Bo, etc., espresan la distancias reales BM, BN, BO, etc. (figura *A*); pero $BN=BM+MN=3DP$; $BO=BM+MN+NO=7DP$; si se continúa, pues, tomando por unidad la distancia del ojo DP, se tendrá $BM : BN : BO$: etc. :: 1 : 3 : 7 : 15 : etc.

En las séries de distancias perspectivas, se saca que $Bn=Bm+mn=\frac{3}{2}h$; $Bo=Bm+mn+no=\frac{7h}{4}$ y así sucesivamente: de modo que si se continúa tomando por unidad la semialtura h del ojo, tendremos que

$$Bm : Bn : Bo : \text{etc.} :: \frac{1}{1} : \frac{3}{2} : \frac{7}{4} : \frac{15}{8} : \text{etc.}$$

fracciones en las cuales se verifica que la série de los números 1, 3, 7, 15, etc. que espresan la relacion entre las distancias reales BM, MN, NO, etc. está multiplicada por la série binaria, $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{8}$, etc. (1).

Cuando la semialtura del ojo Bm es como en el caso

---

(1) El análisis confirma, generalizándolos, los resultados de la construccion gráfica. Sean en efecto, en la figura 16,

h la semialtura del ojo, ó $\frac{DP}{2}$.

p la distancia del ojo DP ó dB.

y el segmento superior Pm determinado sobre BP por un rayo visual variable DmM.

x el segmento BM, determinado sobre dB prolongado, por el rayo DmM.

Comparando los triángulos semejantes DMd y DmP, tendremos la proporcion siguiente:

$$p+x : 2h :: p : y,$$

presente igual á la distancia $D\ P$, las dos séries 1, 3, 7, 15, etc. y $1, \frac{3}{2}, \frac{7}{4}, \frac{15}{8}$, etc. son tambien comparables, y las distancias perspectivas $B\,m$, $B\,n$, $B\,o$, etc. son á las distancias reales $B\,M$, $B\,N$, $B\,O$, etc. como $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8}$: etc.

En lo que precede, nos hemos concretado á determinar los valores relativos á las dimensiones reales y á sus perspectivas.

Para obtener los valores absolutos de las partes iguales trazadas sobre las *escálas de frente*, es preciso multiplicar

---

de donde

$$y = \frac{2\,h\,p}{p + x}.$$

Si hacemos sucesivamente

$$\left.\begin{array}{l} x = p \\ x = 3\,p \\ x = 7\,p \\ x = 15\,p \\ \text{etc.} \end{array}\right\} \text{ se tendrá } \left\{\begin{array}{l} y = h \\ y = \frac{1}{2}\,h \\ y = \frac{1}{4}\,h \\ y = \frac{1}{8}\,h \\ \text{etc.} \end{array}\right.$$

Los valores precedentes, tomando á h por unidad, dan lugar á la progresion

$$1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8} : \text{etc.}$$

y representan la ley segun la cual decrecen las líneas $P\,m$, $P\,n$, $P\,o$, etc. (figuras A' y A''), las cuales miden la distancia de cada escala de frente á la línea de horizonte.

Consideremos ahora que $B\,m$ (figura 16) es igual á $2\,h - y$; sustituyendo por y los valores que acabamos de obtener, tendremos para los valores correspondientes de

$$\begin{array}{lllll} x = p & \ldots & B\,m = 2\,h - h & \ldots & = 1\,h \\ x = 3\,p & \ldots & B\,n = 2\,h - \frac{1}{2}\,h & \ldots & = \frac{3}{2}\,h \\ x = 7\,p & \ldots & B\,o = 2\,h - \frac{1}{4}\,h & \ldots & = \frac{7}{8}\,h \\ \text{etc.} & & \text{etc.} & & \text{etc.} \end{array}$$

los términos de la progresion binaria que representa la relacion entre estas escalas por el *módulo*, esto es, por el valor de una de las partes iguales trazadas sobre la línea de tierra $T\,R$ (figura A''), considerada como escala de las dimensiones en ancho y alto, medidas en el plano mismo del cuadro. El módulo ya digimos que espresaba cierto número de unidades de la escala horizontal del dibujo. En el caso presente, que el módulo contiene 8 milímetros, las partes homólogas de cada una de las otras escalas de fren-

---

Supongamos además que h continúe siendo la unidad y tendremos, que

$$B\,m : B\,n : B\,o : \text{etc.} :: 1 : \frac{3}{2} : \frac{7}{8} : \text{etc.}$$

La ecuacion $y = \dfrac{2\,h\,p}{p + x}$ es general y puede por lo tanto ser aplicada á cualquiera escala de degradacion; así es que podemos con su auxilio encontrar las relaciones análogas en el primer caso que nos propusimos, esto es, cuando el plano estaba dividido en una cuadrícula exacta, con solo hacer sucesivamente $x = 1$, $x = 2$, $x = 3$, etc.

Observemos además que se puede deducir de la ecuacion $y = \dfrac{2\,h\,p}{p + x}$ otra ley de perspectiva, que es en ciertos casos de útil aplicacion.

Supongamos, en efecto, dos posiciones consecutivas del rayo visual $D\,m\,M$ y $D\,n\,N$ que determinan sobre $B\,P$ dos puntos m y n, cuyas ecuaciones serán $y = \dfrac{2\,h\,p}{p + x}$ y $y' = \dfrac{2\,h\,p}{p + x'}$, las cuales se pueden poner bajo esta otra forma

$$y\,(p + x) = 2\,h\,p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad y'\,(p + x') = 2\,p\,h.$$

Con motivo del valor comun $2\,p\,h$, resultará que

$$y\,(p + x) = y'\,(p + x')$$

de donde

$$y : y' :: p + x' : p + x.$$

Las perspectivas, pues, $P\,m$ y $P\,n$ están en razon inversa de las líneas $P\,M$ y $P\,N$ que representan. Esta fórmula ó principio servirá, pues, cuando se tenga la perspectiva de una línea real $P\,M$ para hallar la perspectiva $P\,n$ de otra línea real y conocida $P\,N$, ó bien el problema inverso de encontrar la magnitud efectiva de esta línea, conociendo su perspectiva.

te, serán: las de *m m* de 4 milímetros, las de *n n* de 2 milímetros, los de *o o* de 1 milímetro, y así sucesivamente. De manera que si las figuras ó los objetos trazados en el primer plano del cuadro están reducidos á la centésima parte de su magnitud real, la escala trazada sobre la línea de tierra, será tambien de $\frac{1}{100}$, la escala *m m* será de $\frac{1}{200}$, la escala *n n* de $\frac{1}{400}$, la *o o* de $\frac{1}{800}$, etc.

Cada una de las escalas de frente constituye, pues, una escala geométrica con relacion al plano vertical que la contiene, sirviendo para medir las dimensiones de los objetos ó figuras situadas en él, segun su altura y anchura; perteneciendo la série de estas escalas, segun se tome por por unidad el módulo ó la milésima, á la progresion binaria $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8}$ ó bien á la binaria decimal

$$1 : \frac{1}{10} : \frac{1}{20} : \frac{1}{40} : \frac{1}{80} :: \frac{1}{100} : \frac{1}{200} : \frac{1}{400} : \frac{1}{800} :: \frac{1}{10.000} : \frac{1}{20.000} : \frac{1}{40.000} : \frac{1}{80.000},$$

que son nuestras escalas de partida.

Examinemos al presente los valores absolutos de las partes desiguales de la escala de fondo *B m*, *m n*, *n o*, etc. Para obtener estos valores es preciso multiplicar por la *semialtura* del ojo, que en el caso presente es de cuatro módulos, los términos de la progresion decreciente $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \frac{1}{8}$: etc.

Para obtener los valores absolutos de las magnitudes reales *B M*, *M N*, *N O*, cuyas perspectivas son las líneas *B m*, *m n*, *n o*, etc., será preciso multiplicar por la dis-

tancia al ojo, que es tambien en este caso de cuatro módulos, los términos de la progresion creciente 1 : 2 : 4 : 8 : etc.

Lo mismo se hallarán los valores absolutos de las líneas correlativas *B m*, *B n*, *B o*, y *B M*, *B N*, *B O*, etc.

Fácil es tambien, calculando estas últimas magnitudes, determinar á qué distancia se hallan del cuadro, los planos á que pertenecen las escalas de frente *m m*, *n n*, *o o*, etc.

Las escalas de frente *T R*, *m m*, *n n*, *o o*, etc., dividen desde luego el campo del cuadro *H T R Z* en zonas decrecientes *m T R m*, *m n n m*, *o n n o*, etc., que están limitadas respectivamente por dos escalas consecutivas *T R* y *m m*, *m m* y *n n*, *n n* y *o o*, etc. (figura *A''*). Estas zonas representan cada una un trapecio correspondiente, *M T B M*, *N'' M M N''*, *N'' O'' O'' N''*, etc. del plano (figura *A*), cuyos dos últimos no abraza en su totalidad la misma. Las dimensiones de frente de cada una de estas zonas perspectivas, la *n m m n* por ejemplo, está medida por las escalas que la limitan, y sus dimensiones en profundidad están dadas por la parte *m n* de la escala de fondo.

Cada una de estas zonas perspectivas puede ser subdividida en trapecios, sin que sea necesario tirar líneas, ni al punto de vista ni á los de distancia. Bastará para esto unir por medio de transversales, las divisiones correspondientes de las dos escalas de frente que limitan la zona que se ha de dividir. Así que, las líneas oblícuas 2—2 y 4—4 darán inmediatamente en la zona *n m m n*, el trapecio 2—2—4—4. Si se las prolonga se verá que van á parar

al punto de vista *P*, divergiendo hácia las divisiones correspondientes 2 y 4 de la línea de tierra.

En el trapecio 2—2—4—4 las dimensiones de los lados paralelos están dadas por las escalas de frente, y los lados oblícuos son respectivamente homólogos á la parte *m n* de la escala de fondo.

Los trapecios determinados de este modo, sobre las zonas lejanas ó apartadas del cuadro, deben comprender varios módulos, para que se puedan situar los objetos en su interior con una aproximacion suficiente, cuando se haga uso de esta red para dibujar la perspectiva de un plano topográfico.

Pero es tambien á la inversa muchas veces hasta necesario, subdividir los trapecios de la primeras zonas y particularmente los de la zona *m T R m*.

Basta para descomponer la zona *m T R m* en dos zonas iguales, trazar una escala de frente *g g*, intermedia entre las escalas *T R* y *m m*. Las partes iguales de estas escalas, serán medias-proporcionales entre las correspondientes de las *T R* y *m m*. Los segmentos *T g* y *g m*, en los cuales quedará dividida la parte *T m* de la escala de fondo, serán iguales, pero representarán segmentos desiguales de la longitud real *B M*. Se encuentra gráficamente, y por medio del cálculo, que *T g* es el $\frac{1}{3}$ y que *G M* forma por consiguiente los $\frac{2}{3}$ de *B M* (1).

(1) La construccion gráfica dá inmediatamente esta relacion: basta para

En vez de dividir la primera zona del cuadro por la línea $g\ g$ (figura A'') en dos zonas iguales y que espresen espacios desiguales en el plano, es casi siempre más sencillo y cómodo dividirle por una línea $g'\ g'$ en dos zonas que sean desiguales sobre el cuadro, pero que representen espacios iguales entre si. Se reemplaza entonces la igualdad geométrica de las dos semizonas por su igualdad perspectiva.

Esta construccion es sencilla cuando se ejecuta por medio de las escalas de *frente*.

En efecto, está reducida á tomar sobre las escalas $T\ R$ y $m\ m$ á derecha é izquierda de la escala de fondo $B\ P$, espacios homólogos, tirando por los puntos 2 y 2 una transversal cortará á $B\ m$ en un punto (2): las porciones $T\ g'$ y $g'\ m$, serán perspectivamente iguales entre sí, y cada una de ellas igual á la mitad de $B\ M$ (figura A).

---

esto tirar (figura A') el rayo visual $B\ g\ G$ que divide á $B\ m$ en dos partes iguales y medir la línea $B\ G$.

El análisis conduce de varios modos al mismo resultado; puesto que $P\ g = h + \frac{1}{2}\ h$ (figura 16), si en la ecuacion $y = \frac{2\ p\ h}{p + x}$ en que la ordenada y representa á $P\ g$, se sustituye su valor $\frac{3}{2}\ h$, se llegará á la ecuacion $x = \frac{1}{3}\ p$.

Cuando y representa á $B\ g$ se tendrá $x : y :: p : 2\ h - y$, lo que dá la ecuacion $x = p\ .\ \frac{y}{2\ h - y}$. La dimension real de $B\ G$, es pues igual á la distancia del ojo, multiplicada por la relacion de los segmentos $P\ g$ y $B\ g$. En este caso $B\ g = y = \frac{1}{2}\ h$. Sustituyendo este valor en la ecuacion resulta $x = \frac{1}{3}\ h$.

Construcciones análogas pueden servir para la subdivision de $B\,m'$ en partes respectivamente iguales cada una, á uno de los módulos de la escala de frente $T\,R$ ó $m\,m$; bastará para esto el tomar á derecha é izquierda de la escala de fondo $B\,P$, partes B—1 y m—3, B—2 y m—2, B—3 y m—1 y tirar transversales que determinen sobre $B\,m$ los puntos (1), (2), (3), (4) de division, naturales.

La circunstancia característica de las escalas que acabamos de analizar en todas sus partes, es la sencillez de la ley que las enlaza y que permite trazarlas inmediatamente sobre el marco y campo del cuadro.

No pasaremos más adelante: queda demostrado que la íntima relacion que liga entre sí los planos y las vistas ó perspectivas, hace mútuamente complementarios estos dos elementos, aun geométricamente considerados.

Si tratásemos de establecer por medio de un plano ya levantado, el cróquis de una vista ó paisage que se haya de dibujar en presencia de las localidades, es indudable que podemos preparar con antelacion la mayor parte del trabajo, con la ventaja de no divagar en la ejecucion de los detalles.

Si tuviésemos por la inversa una vista geométrica, es evidente que trazando en ella las escalas de que hemos tratado, y sus líneas correspondientes sobre un plano horizontal, llegaríamos á obtener una proyeccion del espacio

que abrace la perspectiva, cuando menos muy aproximado, y utilísimo en ciertos casos.

Si dispusiéramos de un plano y de una vista ó perspectiva del mismo terreno, establecidas que sean en esta las escalas y en aquel sus líneas homólogas, tendremos los medios de comparar á la vez sobre el plano y la vista, las dimensiones de todas sus partes, valiéndonos de las escalas geométricas de la proyeccion y de la perspectiva.

Las mismas relaciones que existen entre un plano y una vista geométrica del mismo, es consiguiente que existen tambien entre dos ó más perspectivas pertenecientes á una misma proyeccion, pero con diferentes puntos de vista.

Por nímia que esta última consideracion aparezca en sí, es de una gran transcendencia, puesto que envuelve la manera de formar directamente toda clase de planos topográficos, combinando dos ó más vistas ó perspectivas, tema que vamos á desenvolver á continuacion, si bien dando cierto giro á la cuestion, en presencia de uno de los adelantos más notables de nuestra época.

PERSPECTIVA FOTOGRAFICA. [1]

CARACTER GENERAL DE LAS VISTAS FOTOGRÁFICAS.

Las ideas demasiado avanzadas respecto á su época, permanecen estériles hasta tanto, que los conocimientos generales se ponen á su altura.

Existe una dependencia particular, que sujeta las invenciones de los hombres á apoyarse las unas en las otras y á esperarse mútuamente. Surge una idea luminosa, y permanece estacionaria ó en problema durante años y aun siglos, hasta que en fin los adelantos sucesivos la permiten entrar en su esfera positiva de accion, poniéndola bajo el dominio de la práctica. Los progresos humanos tienen su genealogía, cuyas huellas pueden seguirse á través de los siglos, de la misma manera que remontando el curso de un rio llegamos á las fuentes de su nacimiento.

Decimos esto, á propósito de la esplanacion que nos proponemos hacer de la idea tan sencilla como antigua de la formacion de planos, no por medio de medidas, sino á partir de vistas geométricas, que ha permanecido estacio-

(1) Puede verse el artículo, sobre el *Dibujo militar*, publicado en el *Memorial* de 1862.

naria hasta el presente, y á la cual creemos ha llegado su época.

Hemos visto, que teniendo las proyecciones de un objeto cualquiera ó de un conjunto de objetos, somos dueños de ponerlos ó presentarlos á arbitrio en perspectiva, del mismo modo que, siguiendo un procedimiento inverso, nos es dado retroceder de la perspectiva á las proyecciones.

La primera parte de este principio, ha sido puesta admirablemente en práctica muchas veces, sobre todo en las perspectivas de batallas y en la marina, y prueba de ello son esos notables y animados grabados antiguos de nuestras campañas de Flandes, en que los sitios de las plazas y los altos hechos de armas están tratados de este modo, y los panoramas marítimos que forman tambien parte integrante de las cartas hidrográficas, como esencialmente necesarios al marino para reconocer á la simple vista las costas.

La inversa ó sea la formacion de planos á partir de las perspectivas, no ha sido igualmente empleada, y no porque el procedimiento fuese desconocido, sino en razon de la dificultad de obtener como primer dato, con la exactitud necesaria, las vistas geométricas que habian de servir de partida para el trazado.

Es un hecho palpable, que si tenemos dos vistas geométricas $l\,h$ (figura 1, lámina 14) tomadas directamente desde dos puntos A y B, estremidades de una base y abatidas sobre el plano del dibujo, sirviendo de charnela las líneas

respectivas de horizonte, podemos establecer gráficamente la planimetría ó la posicion horizontal relativa *g*, *n*, *m*, de los objetos *G*, *N*, *M*, que comprendan, valiéndonos del sistema de intersecciones, del mismo modo que obtenemos los planos al operar con la plancheta.

Aun hay más y es, que á partir de los mismos datos podemos tambien determinar las alturas respectivas de los puntos, ó fijar su relieve relativo. En efecto, medida la base *A B*, ó lo que es lo mismo, establecida la escala del plano, resultan por su medio valuadas numéricamente las longitudes de todas las líneas como la *B g* por ejemplo. Es esta la traza de un plano vertical que comprende varios triángulos semejantes por pasar por el objeto *G* su proyeccion *g*, el centro *B* de la vista *l h*, y la perspectiva correspondiente.

En efecto, si suponemos que la figura 2 espresa el corte ó perfil indicado, tendremos que *O G* será la distancia gráfica *B g* al punto de vista; *O H'* la de este al cuadro; *G D* la altura del objeto sobre el horizonte; y *H' D'* la altura relativa obtenida por la interseccion de la visual *O D* en el cuadro; todas estas líneas son, pues, conocidas, pudiéndose medir sus magnitudes respectivamente en la vista y en el plano á escepcion de la altura *G D* que se busca, pero que por medio de la proporcion $O\,G : O\,H' :: H'\,D' : x = G\,D$, puede ser fácilmente despejada, puesto que los triángulos *O G D* y *O H' D'* son semejantes.

La teoría, pues, era conocida, pero resultando estéril

en sus aplicaciones, la idea quedó estacionaria. Cualquier otro procedimiento seguido para obtener la planimetría y el relieve en un plano era más practicable: la medida directa de ángulos y de alturas era más asequible que la doble determinacion correcta de las perspectivas de los objetos, cuya posicion relativa habia de fijarse en el plano.

Aparece, sin embargo, en 1839 la magnífica invencion de Niepce y de Daguerre, digna á todas luces del siglo que ha hecho la conquista del vapor y de la electricidad; avanza rápidamente en sus procedimientos y en sus aplicaciones, y hé aquí marcada la nueva, la verdadera época de emprender su vuelo la idea que hemos espuesto, tanto tiempo há estacionaria y casi relegada al olvido.

Es el fotógrafo ó daguerreotipo, como sabemos, una cámara oscura provista de una lente convergente y acromática, con la propiedad de fijar por sí misma en un cuadro preparado convenientemente por medio del nitrato de plata, la imágen fiel de los objetos que llega á abrazar en su campo.

El centro del objetivo puede ser considerado como el vértice de una pirámide, cuya base principal la forma al esterior el conjunto de los objetos reales, quedando cortada materialmente su prolongacion interior, por el plano del cuadro que recibe las imágenes, cuya distancia al objetivo nos es siempre conocida.

Una vista fotográfica es por consiguiente una proyeccion concurrente geométrica y completa, sujeta á la condicion,

de que los planos proyectantes de los puntos, han de pasar todos por una vertical invariable fija de posicion por el punto céntrico del objetivo del aparato; este, pues, puede ser aplicado á la medicion de ángulos como un verdadero goniómetro.

Como además se verifica que el objeto, el centro del objetivo del instrumento y la imágen, se encuentran siempre en un mismo plano vertical, bastará marcar en el cuadro de la vista, supuesto vertical, una sola línea, su interseccion con el plano horizontal que pase por el centro del objetivo, para obtener desde luego los ángulos observados reducidos al horizonte.

La planimetría, pues, de una cierta estension de terreno podrá ser establecida con semejantes datos; aquella combinada con los que resultan de la perspectiva misma y de la distancia focal del instrumento, completa tambien los necesarios para determinar las alturas relativas de los puntos proyectados.

Podrá, pues, ser formado por este procedimiento el plano geométrico acotado de una cierta estension de terreno, con la ventaja de haber sido obtenidos los datos necesarios casi instantáneamente y en conjunto, fijándolos á su vez gráfica y materialmente, sin que puedan jamás ser equivocadas las anotaciones, disponiéndose además de un complemento precioso y que debia siempre acompañar á todo plano topográfico, cual es la perspectiva geométrica del terreno que comprende.

Vamos á comprobar prácticamente lo que dejamos espuesto.

PRACTICA DE LAS OPERACIONES.

En las lentes lo mismo que en los espejos, la imágen de un objeto está formada por el conjunto de los focos de cada uno de sus puntos. Supongamos (figura 3) el caso de una lente biconvexa como la que se emplea para obtener vistas fotográficas y un punto *A*, situado más allá del centro de curvatura del objetivo, como se verifica siempre en el caso que nos ocupa.

Sabido es que en toda lente existe un punto *O*, llamado su *centro óptico* por estar situado sobre la interseccion de sus ejes *H Y* y *K L*, verificándose que cualquier rayo luminoso que pase por él, no esperimenta, teóricamente hablando, los efectos de la refraccion ni sufre por lo tanto desviacion angular sensible: á la recta *K L*, que pasa por el centro óptico y por los centros de curvatura *K* y *L* de una lente, se llama eje *principal*; y secundarios á todos los rayos luminosos que pasando como el *A a*, por el centro óptico, se desvian de los centros de curvatura.

Los demás rayos luminosos que como el *A G*, partiendo de un punto *A*, caen sobre otro cualquiera de la lente, se refractan necesariamente perdiendo su direccion al atravesarla, verificándose que todos ellos se reunen en otro punto *a*, llamado foco, situado al otro lado de la lente so-

bre el eje secundario correspondiente, ó lo que es lo mismo, sobre la recta tirada desde el punto *A* supuesto, al centro óptico de la lente.

Si se traza, pues, el eje secundario *A a*, correspondiente á un punto cualquiera *A*, cada uno de los rayos del haz de luz que partiendo de él, como el *A G*, viene á herir en la lente, se refractará dos veces en *G* y *D* en el mismo sentido, convergiendo últimamente hácia el eje secundario hasta volverlo á cortar en *a*, punto de concurso de todos los rayos, y por consiguiente foco conjugado del *A*, formándose en él la imágen real de este punto.

Cierto es que, prácticamente hablando, no coinciden exactamente con el plano del cuadro todos los focos *a*, en razon del diferente alejamiento que puede suponerse á los puntos *A* de partida, la oblicuidad con que llega á ser herida la lente por los rayos luminosos, sobre todo en sus estremidades, y los defectos inherentes á las construcciones de la misma; pero se ha observado que su coincidencia se verifica en un grado suficiente, colocando el cuadro por tanteos en una posicion intermedia, sin otro inconveniente, que no percibirse con igual claridad las imágenes respectivas de los objetos, aisladamente considerados en su verdadero foco respectivo.

Además, este defecto que se llama aberracion de esferoicidad, se corrige en su mayor parte haciéndolo casi insensible, colocando delante del objetivo un diafragma ó placa taladrada que intercepte los referidos rayos estremos

que parten de los puntos esteriores, dejando pasar únicamente los que se refractan en la parte central de la lente como indica la recta interrumpida *E F* en la figura, lo cual equivale á que no esceda de 30° el campo de la lente.

Sabido es tambien, que los adelantos de las artes permiten corregir el iris ó aberracion cromática de la luz, en las lentes que nos ocupan, sin que por eso deje de coincidir la imágen real de cada punto, con el correspondiente de su eje secundario respectivo.

El centro, pues, de la lente biconvexa acromática del aparato fotográfico para vistas, es realmente el vértice comun de varias pirámides cuyas aristas parten de los puntos respectivos esteriores, y cuya prolongacion interior va á parar á los puntos del cuadro en que se fijan las imágenes, cuando está situado á la distancia focal conveniente. Los ángulos que forman, pues, entre sí los puntos esteriores con el de situacion ó centro del objetivo, son iguales á los que á partir de este mismo punto forman las imágenes en el interior del instrumento.

Si marcamos en el plano del cuadro supuesto vertical, su interseccion con el plano horizontal que pasa por el centro óptico de la lente, y proyectamos todos los puntos notables de la vista sobre esta línea, obtendremos los ángulos reducidos al horizonte, pues será lo mismo que determinar las trazas sobre un plano horizontal de los planos verticales que pasan por el objeto, el centro óptico de la lente y la imágen real producida.

Tenemos, pues, todos los datos que nos son necesarios para establecer la planimetría de un conjunto de objetos ó una cierta estension de terreno, como son, dos vistas homólogas orientadas convenientemente y producidas por el aparato desde dos estaciones diferentes, formando la base, la interseccion del plano del cuadro con el horizontal que pasa por el centro del objetivo, y últimamente, la distancia focal de las imágenes obtenidas.

Supongamos (figura 4) (1) que las proyecciones *L H*, son dos vistas del mismo terreno, tomadas desde los puntos *X* é *Y* estremos de una base medida y abatidas sobre el plano del dibujo, habiéndolas hecho girar alrededor de las intersecciones *L H* de sus cuadros respectivos con los planos horizontales que pasan por el centro del objetivo, quedando convenientemente orientadas con respecto á la base *X Y*, y colocadas á la distancia focal *XP* é *YP* de los puntos *X* é *Y*, desde donde han sido obtenidas; esto supuesto, se verificará que proyectados los puntos homólogos, tales como los *a*, *b*, *m*, sobre las horizontales *L H* respectivas, y uniendo estos puntos con los *X* é *Y* estremos de la base ó puntos de vista elegidos, nos darán con sus mútuas intersecciones en los puntos *A*, *B*, *M*, las verdaderas proyecciones horizontales que nos habíamos propuesto encontrar para formar el plano.

(1) De intento hemos tomado esta figura del tomo 16 del *Memorial du Génie*, para tener el gusto de citar al Capitan Laussedat, á quien es deudora la topografía litográfica de gran parte de sus notables progresos.

La determinacion del relieve de los puntos cuya proyeccion horizontal hemos determinado, ó lo que es lo mismo sus distancias al plano horizontal, cuya traza es *L H*, por ejemplo, se efectuará con la misma facilidad. En efecto, si suponemos que sea la altura del punto *M*, la que queremos investigar, observaremos que la distancia *Y M*, nos es conocida ya, por la escala del plano, y lo mismo las *Y m*, y la vertical *m m*, que son los datos necesarios, como hemos visto, para despejar la incógnita y obtener numéricamente la altura que se busca. Claro es, que el mismo resultado ha de hallarse empleando las líneas homólogas de la otra vista, sirviendo de comprobacion mútua, ó para hallar un promedio que asegure el éxito de las operaciones.

Sin embargo, es menester tener presente, que la refraccion atmosférica, que nada influye respecto á los ángulos horizontales por verificarse en el mismo plano vertical del punto de vista y del objeto, altera las alturas aparentes en razon de las distancias: es indispensable, pues, tener en cuenta esta refraccion, cosa no difícil, puesto que las distancias horizontales de los puntos al centro de estacion nos son ya conocidas por el plano, y es sabido existen tablas calculadas al intento.

Hemos supuesto, que eran indispensables dos vistas para resolver el problema propuesto, y así es efectivamente en general; pero hay casos en que una sola será suficiente; tal sucede cuando el terreno cuyo plano se trata de formar es sensiblemente horizontal; esto es, cuando tratemos de

espresar una parte del curso de un rio, la configuracion de un lago, una costa, la posicion de buques, una campiña, etc., vistos desde un parage elevado; es evidente en este caso que las intersecciones por planos horizontales de la pirámide formada por los rayos de luz incidentes, serán todas semejantes entre sí y con la figura real del terreno.

Supongamos (figura 5) que *A B P Q* sea la perspectiva abatida de dos buques anclados enfrente de una costa, y *O* el punto de vista ó centro del objetivo; si proyectamos los puntos de la vista sobre el plano vertical *R S* ó su paralelo *R' S'* y traza *P' Q'* del cuadro, abatiendo el perfil; las líneas *a' O' A'*, *b' O' B'*, etc. espresarán los rayos visuales que unen la imágen y el objeto pasando por el centro del objetivo, pues esto es equivalente á haber hecho girar los planos *O a*, *O b*, etc. alrededor de la vertical en *O*, hasta ponerlos paralelos al nuevo plano de proyeccion; si cortamos, pues, estas visuales por un plano horizontal cualquiera, tal como el que pasa por *R' S'*, y deshaciendo el giro, llevamos los puntos *a''* y *b''* á su posicion verdadera, obtendremos en *A''* y *B''* las situaciones relativas de los buques indicados, con respecto al plano horizontal elegido; la medida de la distancia que separe dos puntos cualesquiera de la perspectiva, nos dará á conocer la escala natural del plano.

Otras veces por la inversa (figura 7) nos será necesario obtener tres ó más vistas para la formacion de un plano, segun el número de estaciones á que la configuracion del

terreno nos obligue, aun supuesto el caso de medir directamente los ángulos por medio de un instrumento cualquiera: combinadas sucesivamente de dos en dos, estas vistas, nos darán el resultado apetecido.

Lo mismo sucederá cuando se trate de conocer la configuracion del recinto de una plaza de guerra, de un fuerte ó bien de otro perímetro análogo cualquiera.

MODIFICACIONES EN EL APARATO USUAL.

Nos hemos referido en cuanto llevamos espuesto, á un aparato ordinario tal como el conocido de todos para obtener vistas ó retratos; pero se deja conocer, que modificando su disposicion para darle más generalidad, podremos obtener ventajas marcadas para llenar la idea que nos ocupa.

No nos referimos precisamente al inconveniente, que lleva consigo el aparato usual, del poco campo que abraza; esto no depende sino de la disposicion horizontal y fija del instrumento, que solo permite abrazar una amplitud máxima de 30 grados, y puede corregirse fácilmente: conocido es el ingenioso aparato de Mr. Martins, en el cual, con solo el medio de hacerlo girar alredor de un eje vertical, se obtienen vistas panorámicas de un campo considerable. Es que consideramos este recurso insuficiente, puesto que desarrollándose el panorama sobre una superficie cilíndrica, si bien la traza del plano de horizonte permanece la

misma, al efectuar el desarrollo cambia precisamente la posicion del foco, para cada una de las facetas parciales, siendo por lo tanto equivalente y más sencillo en la práctica, el operar con el aparato ordinario, haciéndole tomar diferentes direcciones desde la misma estacion, orientándolas cuidadosamente.

Creemos que puede, sin embargo, hacerse mucho sobre el particular: comprendemos que otra disposicion del aparato puede darnos vistas panorámicas cerradas poligonalmente, ó circulares, exentas ambas de estos inconvenientes, lo cual unido á que el campo en sentido vertical sea tambien indefinido, nos dará resuelto cumplidamente el problema.

Supongamos, por ejemplo (figura 6), que la doble caja del instrumento ordinario, sea susceptible de ser colocada verticalmente como otro instrumento cualquiera sobre la plancheta en que se nivela; supongamos el tubo del objetivo tambien vertical, situado sobre la tapa superior y, en vez de lentes, provisto de un prisma triangular del mismo efecto, tal como los que se construyen, con aplicacion á la fotografía, para recibir por reflexion las imágenes, y tendremos, que estas vendrán á fijarse en el fondo inferior de la caja adonde queda colocado el cuadro.

Un inconveniente parece que se presenta á primera vista, con esta disposicion, relativo á la naturaleza y preparacion química del cuadro; pero se obvia con facilidad cubriendo el cuadro con una placa que impida, que la luz

venga á inundarlo cuando se descubra el objetivo, y la cual solo tendrá una ligera abertura triangular, por donde se ponga en contacto el haz de rayos luminosos conveniente, con la superficie sensibilizada del cuadro.

Si hacemos por lo tanto, que giren alrededor de un eje mismo, el objetivo reflectante y el espresado diafragma, permaneciendo inmóvil el resto del aparato, lo cual puede obtenerse por medio de un péndulo en movimiento que comunique su accion á un engranage de relojería, es indudable que el reflector abrazará, inclinado como está á 45° por la construccion del prisma, un gran campo vertical, y el movimiento circular irá haciendo entrar sucesivamente en el cuadro, á través de la abertura del diafragma, todos los puntos del horizonte fijándolos en el mismo.

Acaso el movimiento uniforme que suponemos, no sea aun conveniente en el estado actual de la fotografía; pero nada se opone á que pueda ser sucesivo, haciendo mayor la abertura triangular del diafragma; produciéndose, sino una vista panorámica circular, otra poligonal tan próxima al círculo como queramos, obtenida por intervalos de tiempo, suficientes para dejar la impresion de los objetos en la parte de cuadro descubierta por la abertura del diafragma.

Obtenidas que sean estas vistas circulares desde los puntos de estacion ordinarios, combinados con una base conveniente, y con su orientacion respectiva, es claro que ninguna dificultad puede envolver el establecimiento del

plano de la estension de terreno, que combinadamente comprendan.

Al llegar á este punto, parece consiguiente el dar á conocer alguna disposicion material del aparato que cumpla mejor con la idea que hemos enunciado, siquiera no sea más que como un ensayo; pero conocemos lo suficiente, para comprender las dificultades de mil géneros que hay que vencer para llegar á un resultado práctico satisfactorio, y nos declaramos incompetentes. Consideramos por otra parte suficientemente esplanada nuestra idea; poniéndola bajo el dominio de todos, no dudamos que será sucesivamente perfeccionada por esa masa de admirables artistas á quienes son tan familiares los procedimientos fotográficos, y por los ópticos distinguidos, una vez penetrados de su importancia.

Solo, pues, vamos á proponer y esto como una simple indicacion gráfica de nuestras ideas, la modificacion que se espresa en la figura citada.

Suponemos el mismo aparato ordinario colocado verticalmente, y provisto de un reflector *A B* y de criks *C, D, E* para levantar convenientemente la caja superior, hasta hallar la distancia focal al cuadro, situado ahora horizontalmente sobre el fondo de la caja. Las letras *F* y *F'*, espresan un disco dentado, con dos aberturas, colocado sobre el cuadro, pero sin tocarlo, formando el diafragma de que hemos hablado. La cubierta *G H* se supone cónica y dentada tambien, haciéndola capaz de girar uniforme-

mente con el disco F por medio de dos piñones H y R movidos por la manivela P, cuyo vástago cuadrangular está constituido por dos trozos enchufados.

Claro es, que retirado el reflector y el disco espresado, el aparato en cuestion podrá funcionar horizontalmente como de ordinario; pero en la posicion vertical en que lo suponemos, se verificará que el plano horizontal $M\,m$ cuya traza se refleja en m se proyectará en el cuadro, segun el diámetro $E\,F$, el cual se reducirá al punto F, interseccion con la vertical $m\,F'$, por la interposicion del diafragma $L'\,F'\,N'$ referido.

Si se observa la marcha de los rayos de luz espresados en la figura, se notará que los L superiores al horizontal $m\,M$, vienen á parar á la semicircunferencia $L'\,F'$, y los inferiores N á la opuesta $F'\,N'$.

Suponiendo, pues, el aparato dotado de un diafragma con dos aberturas, y que este y el reflector giran sobre la vertical $m\,F'$ como eje fijo, podremos obtener una vista panorámica hasta de campo semicircular, la cual presentará en una de sus mitades la imágen de todos los puntos inferiores al plano de horizonte, y en la otra los superiores, quedando determinados los ángulos relativos á los unos y los otros, por medio de los radios respectivos dirigidos al punto F que coincide con el centro de estacion, y cuya magnitud gráfica, medida con el auxilio de la escala del dibujo, nos dará uno de los datos necesarios para obtener el relieve correspondiente.

Cuando queramos obtener una vista panorámica enteramente circular, claro es que deberemos cerrar una de las aberturas del diafragma, pues entonces solo se marcarán en el cuadro los puntos de la circunferencia inferiores al plano horizontal *n M;* obteniéndose en una segunda operacion los superiores, invirtiendo el movimiento del aparato.

La figura 7, indica la manera de enlazar entre sí diferentes estaciones, y la de determinar su orientacion respectiva, por medio de sus imágenes homólogas, hasta llegar á una base, ó á comprender dos objetos cuya distancia horizontal nos sea conocida.

APLICACIONES.

Nos hemos detenido algun tanto, al tratar de estos asuntos, en razon de la gran trascendencia de las aplicaciones.

En la guerra, sobre todo, cuando se trata del reconocimiento rápido de un terreno desconocido, donde ha de darse una batalla, situados en un globo sujeto con amarras (1), dueños de una torre ó de un paraje elevado, nos

(1) En 1862, el General Mac-Clellan elevó sobre la plaza de Richmond un globo cautivo.

Un aparato fotográfico, dirigido hácia tierra, permitió figurar sobre un plano todo el terreno de la plaza y sus inmediaciones, asi como los medios de defensa (personal y material) del sitiado.

El resultado de esta ampresa, no deja duda alguna sobre las ventajas que puede ofrecer esta manera de reconocimiento.

podrá ser dable tal vez en minutos, formar un cróquis de una utilidad incalculable. Cuando el enemigo presente en campo abierto una batalla, acaso sea posible levantar con la misma rapidez el plano de las posiciones, calcular sus fuerzas, descubrir los defectos de su formacion y el flaco de sus líneas, antes de aceptar el combate. Cuando se quiera fijar la posicion de las tropas en uno ó varios momentos de la batalla; cuando sea necesario conocer la posicion de una escuadra acoderada para el combate; y en fin, en el sitio de una plaza, ya sea en la defensa, con la idea de fijar la situacion y distancia respecto á las baterías de la plaza, de las obras de ataque, campamentos y parques esteriores; ya con respecto al sitiador, para obtener el plano de fortificaciones desconocidas ó la situacion de los edificios principales interiores al recinto fortificado; pudiéndose comprobar y rectificar parcialmente los resultados, pues nada impide hacer las observaciones á cubierto desde las trincheras sucesivas, puesto que recibimos por reflexion las imágenes.

Largo, á no dudar, sería el catálogo de las aplicaciones interesantes que pudiéramos señalar como consecuencia del empleo de la perspectiva fotográfica, en los términos que dejamos espresados; acaso no haya ciencia ni arte en la cual no sea de un uso inapreciable. No terminaremos, sin embargo, este bosquejo sin indicar que en nuestro concepto, solo siguiendo este camino, se podrá llegar á obtener verdaderos planos topográfico-geológicos, pues solo

poseyendo el medio de comparar con facilidad y exactitud el aspecto de las formaciones con su topografía verdadera, será posible observar las íntimas relaciones que ligan la forma esterior de la superficie del terreno con la naturaleza de su constitucion geognóstica en cada una de las localidades, dándonos á conocer su verdadera estructura y su manera de ser actualmente. Fácil es hacerse cargo tambien de que en los mismos principios estriba el perfeccionamiento de la ciencia topográfica, puesto que no solo tendrá esta á su disposicion los medios para definir las superficies que trate de representar, sino los necesarios para darse cuenta de la razon de existencia de las mismas, de sus cambios sucesivos ó repentinos, y finalmente, dispondrá de medios de comprobacion y de analogía, de que carecen los otros procedimientos.

Si agregamos á todo esto que los aparatos fotográficos son eminentemente propios para la ampliacion y la reduccion, vendremos á parar á un estenso campo de nuevas aplicaciones.

Supuesta una minuta ó un plano formado del modo que antecede, ó valiéndonos de otro procedimiento cualquiera, podremos reducirlo ó ampliarlo de un solo golpe á una escala determinada.

Pero no es esto solo, concíbese fácilmente que el empleo de los diapasones ó escalas de intensidad de tintas para el dibujo topográfico, ya sean para trazos, ya para pincel, viene á ser ilusorio en lo respectivo á sus intensida-

des geométricas cuando son pequeñas las escalas, quedando reducida la utilidad á que salgan uniformes y puedan unirse entre sí los diferentes trozos de un mismo trabajo, ejecutados por manos diferentes. No será lo mismo si formando un diapason en una escala tan grande que permita establecer con el rigor geométrico debido, la ley de intensidad de las tintas, se dibuja en la misma forma la minuta referida, para reducirla despues fotográficamente á la escala conveniente; se comprende bien que aunque la minuta no estuviese artísticamente dibujada, habia de aparecer el trabajo por la reduccion, superior al más delicado grabado.

Si además observamos, que pueden grabarse químicamente hasta en el acero estas imágenes, se vendrá á deducir la gran importancia del aparato que nos ocupa, en sus aplicaciones al mecanismo del dibujo y á la reproduccion de todo género de concepciones, gráficamente espresadas.

Siguiendo este camino tal vez llegue un dia en que pudiéndose descartar de la parte científica, lo que es puramente de arte, quede libre la inteligencia de pagar este tributo, en cierto modo mecánico.

ESCALAS

DE

INTENSIDAD DE TINTAS.

SEGUNDA SECCION.

PRELIMINARES.

Sabemos que la luz se propaga en línea recta y en todas direcciones.

Si suponemos que es la luz del sol la que ilumina, en razon de la gran distancia á que se encuentra de nosotros, podemos considerar que los rayos de luz que vienen á herir un objeto, forman un haz de rayos rectilíneos y paralelos.

Si la luz partiese de un solo punto luminoso cercano, los rayos formarán entonces un cono cuyo vértice será el punto de partida.

Un punto iluminado produce á su vez al reflejar los rayos de luz que recibe, una esfera luminosa, que dirige siempre algunos rayos hácia el parage desde donde se mira, produciendo la vision, cualquiera que sea la posicion elegida.

Esto sentado, si suponemos el punto de vista situado al infinito, ningun punto del cuerpo que consideremos, estará ni más cercano ni más lejano de aquel; la luz reflejada por cada uno de los puntos iluminados, tendrá que recorrer la misma distancia para llegar otra vez al punto de vista, y podrá eliminarse este factor comun; la mayor ó menor claridad con que veamos las diferentes partes del cuerpo supuesto, dependerá de su manera de reflejar los rayos luminosos, esto es, con relacion á la mayor ó menor oblicuidad relativa, de las caras ó facetas del mismo.

Si por la inversa el punto de vista se considera á una distancia finita, el cuerpo iluminado tendrá entonces con respecto á aquel, puntos más cercanos y más lejanos, y como la luz sabemos que decrece en la razon de los cuadrados de las distancias que recorre, se sigue que la intensidad con que llegarán á nosotros los rayos reflejados por los puntos del cuerpo, variará no solo con relacion á la manera como hieran la superficie del cuerpo los rayos luminosos,

sino tambien segun la distancia variable que aquellos deban recorrer para llegar al punto de vista propuesto.

SOMBRAS PROPIAS.

La diferente intensidad con que vemos los puntos de un cuerpo iluminado, sabemos que es lo que constituye su *sombra propia*: por lo que acabamos de esponer se vé ya, que no es indiferente para resolver el problema de determinar en una superficie dada las referidas sombras, proceder bajo cualquier supuesto. Considerando el punto luminoso y el punto de vista en el infinito, el problema se simplifica notablemente, con relacion al caso de estar este situado á una distancia finita, como hemos indicado; complícase mucho más la cuestion si ambos puntos se hallan á distancias determinadas desiguales, puesto que habrá que tener en cuenta de dos maneras diferentes, los espacios recorridos por la luz; la una al llegar desde el punto luminoso á los distintos puntos del cuerpo, y la otra al reflejarse desde estos al punto de vista.

Aun supuestos el punto de vista y el punto luminoso situados al infinito, todavía pueden surgir grandes complicaciones para el problema, dependientes de la posicion relativa de estos puntos, ó sea de la direccion particular de los rayos luminosos y visuales.

Supongamos primeramente que *A B* (lámina 15, figu-

ra 1), sea un plano horizontal, herido normalmente por un haz de rayos luminosos *R* que parten del infinito; es evidente que todo el plano supuesto estará igualmente iluminado, recibiendo al mismo tiempo el máximun de luz posible, tanto en cantidad como en intensidad de la misma.

Si hacemos girar alrededor de la horizontal en *A* este mismo plano hasta que tome la posicion *A F*, es evidente tambien, que ningun rayo de luz vendrá á herirle, puesto que las posiciones son enteramente paralelas; si supusiéramos, pues, que el máximun de luz de la primera posicion estaba espresado por el blanco del papel, la carencia total de luz para la segunda deberia ser indicada por el negro absoluto.

Si hacemos que la referida porcion *A B* del plano, tome una posicion *A D* intermedia á las anteriores, se seguirá necesariamente que los rayos luminosos comprendidos entre *d* y *B* serán perdidos para ella, recibiendo solo los que caen entre *A* y *d*, de manera que podemos decir que recibirá de menos en su nueva posicion con relacion á la primitiva, la cantidad de luz *d B*, apareciendo por lo tanto más oscuro en esta diferencia.

Lo mismo podríamos decir con relacion á otra posicion cualquiera, siendo el resultado general, que á mayor inclinacion del plano, con respecto ó los rayos de luz, le corresponderá mayor intensidad en la sombra.

Se ve desde luego que la ley de decrecimiento de estas tintas seguirá la de los cosenos de los ángulos que forman

las diferentes posiciones de *A B* con relacion á la horizontal, ó bien la de los senos de los ángulos que forman con la posicion vertical, ó sea la de los de oblicuidad con que son heridos los planos por el rayo luminoso.

Si suponemos una superficie curva, tal como una esfera, podremos llegar á resultados análogos comparando entre sí las inclinaciones de los planos tangentes en sus diferentes puntos, con la direccion de los rayos de luz.

Sea *A L B* [figura 2 (1.ª)] el contorno aparente de una esfera proyectada sobre un plano vertical; supongamos que *R L* sea la direccion de los rayos luminosos, siendo horizontal la de los visuales y estando uno y otro punto de partida situado al infinito.

Considerando la manera cómo hieren la superficie los rayos de luz, ó lo que es lo mismo, á sus diferentes planos tangentes, vemos que el punto *L* será el más *brillante* de la superficie, puesto que el rayo de luz es normal en él al plano tangente correspondiente; que la seccion diametral *A B* será la línea de mayor sombra, bajo los anteriores supuestos, por ser en ella todos los planos tangentes paralelos al rayo luminoso, y finalmente, que en las secciones paralelas intermedias, tales como la *C D*, las tintas ó sombras guardarán entre sí una intensidad relativa, dependiente de la inclinacion de los planos tangentes respectivos, siendo esta relacion decreciente á partir desde *A B* hácia *L*.

Las líneas *A B*, *C D*, etc., serán, pues, curvas de igual intensidad de tinta en todo lo que abraza su perímetro;

la *A B* será la *curva de separacion de luz y de sombra*, puesto que á partir de ella ningun punto inferior es herido por los rayos de luz; el punto *L* será el *punto brillante* de la superficie, y las demás curvas como la *C D*, formarán en su conjunto una escala de degradacion de tintas, cuya intensidad podrá estar medida gráficamente por la longitud de los semidiámetros *O B*, *O' D*, etc., ó sean los cosenos de inclinacion con el plano horizontal, de los planos tangentes referentes á estas secciones, á partir de la intensidad que se atribuya á la curva *A B* y al punto *L* como límites.

Si en vez de suponer el punto de vista en direccion horizontal, lo consideramos sobre la vertical, esto es, [figura 2 (2.ª)] que los puntos *R* y *V* luminoso y de vista se confunden en uno mismo situado á una distancia infinita, se verificará que las zonas de degradacion de tintas que en la [figura 2 (1.ª)] se presentaban en bandas rectilíneas, se convertirán en la nueva proyeccion de la esfera en anillos circulares, coincidiendo las proyecciones del punto brillante y de vista con la proyeccion del centro de la esfera, y la línea de separacion de luz y sombra, con el círculo máximo que determina su contorno aparente.

Análogamente, si suponemos [figura 2 (3.ª)] que los rayos de luz están inclinados á 45°, por ejemplo, con respecto al plano horizontal de proyeccion, permaneciendo paralelos al plano vertical, se verificará, cuando las visuales sean horizontales, que las zonas de degradacion de tintas serán rectilíneas en proyeccion, pero inclinadas con respecto al

plano horizontal. Si permaneciendo la misma direccion de los rayos luminosos llevamos el punto de vista al infinito vertical, las zonas indicadas de degradacion serán entonces elípticas [figura 2 (4.ª)] si bien fáciles de trazar en este caso particular, porque nos es dado hallar desde luego los ejes respectivos de estas curvas.

Esto sentado, si diéramos una direccion cualquiera al rayo luminoso y una posicion arbitraria tambien al punto de vista, se comprende fácilmente cuánto llegaríamos á complicar el problema, mucho más si se tratase de superficies difíciles y en posiciones accidentales; y más aun si los puntos de vista y luminoso fuesen considerados á distancias finitas, puesto que, aun tratándose de la esfera y de condiciones las más favorables, hemos visto las variedades que envuelve el problema, siendo cada vez más desventajosas.

En el primer cuaderno de la Escuela Polytéchnica francesa, primera edicion, se encuentra tratada en general gráfica y analíticamente como un alarde geométrico, esta complicadísima cuestion; pero no utilizaremos este trabajo interesante, puesto que nuestro objeto es solo hacer presentir las dificultades gráficas que envuelve el problema, sin tratar de la manera de superarlas, procurando, por el contrario, huir de las complicaciones, para que sean asequibles las soluciones, y por lo tanto aplicables en la práctica.

SOMBRAS ARROJADAS.

Todavía, sin embargo, no hemos examinado sino la primera parte del problema; hemos tratado de las sombras propias de los cuerpos, pero nada hemos hablado de las *sombras arrojadas* por los mismos.

Sabido es que un cuerpo opaco ha de interceptar necesariamente los rayos de luz que recibe, resultando un espacio finito privado completamente de luz, el cual efectuará formas especiales, como resultado de la figura particular del cuerpo que lo produzca, presentando además diversas magnitudes y contornos segun las distancias y superficies sobre las que la sombra espresada venga á proyectarse; circunstancia que envuelve un nuevo motivo de complicaciones, de que vamos ahora á ocuparnos.

Sea (figura 3) la pirámide cuadrangular (27, 15, 7, 18—32), por ejemplo, y 22,4 la recta que espresa la direccion é inclinacion de los rayos luminosos que partiendo del infinito la iluminan, y propongámonos determinar la sombra que arrojará sobre el plano horizontal de comparacion en que está proyectada, en el supuesto de estar sobre la vertical, y tambien al infinito el punto de vista.

El problema estará reducido á hallar una nueva proyeccion geométrica, á partir de la dada; *oblicua*, con relacion al plano horizontal de proyeccion, y *paralela* con respecto á la direccion fijada para los rayos luminosos.

La solucion geométrica será muy sencilla; en este caso, haremos pasar rectas paralelas á la 22—4 propuesta, por todos los vértices de la pirámide, y hallaremos los puntos acotados *cero* de todas estas rectas, ó lo que es lo mismo, los puntos en que encuentran el plano sobre que queremos proyectar la sombra.

El nuevo contorno 27′, 15′, 32′, 18′, responde al problema, puesto que es la traza sobre el plano de proyeccion, del prisma privado de luz en este caso, formado por las paralelas al rayo de luz que pasan por los vértices, envolviendo las aristas que los unen; verificándose en esta nueva proyeccion que el vértice 7 que antes se veia, ahora está oculto en 7′.

Las rectas que forman el cuadrilátero gaucho 27, 18, 32, 15 que son las correspondientes al contorno de la nueva proyeccion encontrada, son las líneas de separacion de luz y sombra en la primitiva, como es fácil darse cuenta, y por esto las hemos designado en la figura con líneas más gruesas que las restantes.

La figura 4 representa análogamente la proyeccion *oblícua y paralela* del prisma á que se refiere. ó sea su sombra arrojada sobre el plano de proyeccion; sus líneas de contorno producen las homólogas de separacion de luz y sombra en la proyeccion primitiva, pudiéndose además encontrar la intensidad de tinta correspondiente á las caras iluminadas, hallando el ángulo que forma con ellas, al herirlas, el rayo de luz 36—2 supuesto.

La figura 5, espresa un poliedro en idénticas condiciones, siendo el 19—3 el rayo de luz que determina su sombra.

Las superficies que hemos considerado hasta ahora, están terminadas por aristas rectilíneas, y de esto depende la facilidad con que se ha resuelto el problema, puesto que en este caso se reduce á hallar los puntos de interseccion con el plano horizontal de proyeccion, de cierto número de rectas cuya direccion é inclinacion nos es conocida. Si se examina, sin embargo, el fondo de las operaciones ejecutadas para hallar el contorno de las sombras arrojadas, se verá desde luego, que lo que hemos hecho ha sido encontrar las trazas horizontales de los planos paralelos al rayo de luz, rasantes á las superficies propuestas, esto es, de los que pasan por las aristas de separacion de luz y sombra.

Es evidente, pues, que los planos rasantes anteriores se convertirán en tangentes en el momento que las superficies sean curvas, debiendo ser análogamente paralelos á una recta dada, lo cual, como sabemos, complica necesariamente el problema, en relacion á la naturaleza particular de la superficie que se considere.

Si se tratase, por ejemplo, de la superficie cónica (figura 6) los dos planos tangentes á ella paralelos al rayo de luz 0—15 envolverian necesariamente la recta 0—30 que le es paralela y pasa por el vértice del cono: las dos rectas tangentes á la base horizontal del mismo, serán las trazas

horizontales de los referidos planos tangentes, formando, por lo tanto, el contorno triangular de la sombra arrojada por la superficie propuesta, siendo además las dos generatrices de contacto 0—30 las líneas de separacion de luz y sombra.

Una cosa análoga se verifica con respecto al cono de la figura 7, con relacion al rayo de luz 3—11.

Si la superficie propuesta fuese un cilindro cualquiera, nos encontraríamos las más de las veces en un caso escepcional, pues es sabido que á esta superficie no pueden tirársele planos tangentes paralelos á una recta propuesta, sino en circunstancias dadas. En general, tendremos que considerar los cilindros para determinar sus sombras, como prismas compuestos de infinidad de lados y tratar el problema bajo este supuesto. En el representado, sin embarbargo, en la figura 8, vemos que es sencillo el hallar sus sombras observando, que las bases que lo determinan son circulares y paralelas al plano de proyeccion, y que por lo tanto la sombra arrojada por la superior será otro círculo de igual diámetro. Si, pues, por el centro 50 de la superior, tiramos una recta paralela al rayo de luz 25—0, obtendremos en el punto 0 de esta recta el centro de la parte circular de la sombra arrojada, dos tangentes á este círculo y á la base del cilindro, acabarán de determinarla, resultando á la vez en los puntos de contacto las generatrices líneas de separacion de luz y de sombra.

Si la superficie fuese de revolucion y de generatrices curvas, tal como una esfera, un elipsóide, etc., se comprende desde luego que cada plano tangente solo produciria dos puntos de sombra, uno perteneciente á la línea de separacion de luz, y otro al de la sombra arrojada, dados por la recta tangente á la superficie que existiese en el referido plano; marcados el uno por el punto de contacto y el otro, por la interseccion de la misma tangente con el plano de proyeccion.

Sin pasar más adelante, vemos pues claramente, cómo se complica el problema que nos ocupa segun los casos, y eso que hemos supuesto que las sombras arrojadas se proyectan solo sobre planos horizontales. Fácil es figurarse cuánto aumentarán las dificultades, si la proyeccion de la sombra se verifica sobre uno ó más planos diversamente inclinados, y cuanto más, si cayese sobre superficies de índole variada.

SOMBRAS EN LAS PERSPECTIVAS.

Pero aun no es esto todo; sabido es con cuánta frecuencia se hace uso en la práctica de la perspectiva de los cuerpos; si suponemos este caso, es consiguiente que habremos tambien de determinar las perspectivas de sus sombras.

En comprobacion de las dificultades que esto envuelve

y de la série de operaciones gráficas necesarias, solo presentaremos un ejemplo: la figura 9 representa la proyeccion de una pirámide con su sombra arrojada, de la cual se ha deducido la perspectiva producida desde el punto de vista 51, sobre el plano vertical $P\,Q$, cuyo resultado se ve en la posicion $P'\,Q'$ abatida.

OBSERVACIONES.

Estas investigaciones son suficientes á demostrar, la gran dificultad que puede ofrecer en la práctica, el determinar las sombras de los cuerpos, estableciendo el problema de un modo general y sin elegir las condiciones.

Los problemas de sombras, tanto propias como arrojadas, consecuencia de luces inclinadas, son sin duda escelentes geométricamente considerados, esto es, como ejercicios de geometría descriptiva, pues tienden no solo á cambiar las proyecciones hortogonales de los cuerpos que se consideren, en oblícuas y concurrentes, sino tambien á efectuar estas mismas proyecciones, no ya sobre planos, sino superficies cualesquiera: pero se comprende desde luego, que fuera de este objeto puramente teórico, cuando se trate de verdaderas aplicaciones, no podrá tener empleo racional ni conveniente tanta generalidad, por lo cual tenemos el convencimiento de que es viciosa la manera de esponer la teoría de investigar las sombras, en los volumi-

nosos tratados de aplicaciones de la geometría descriptiva, como hemos indicado en el prólogo.

Las dificultades de un dibujo considerado de este modo son las más de las veces insuperables: se necesitan para establecerlo, las dos proyecciones hortogonales de los objetos que comprenda, como base de partida, cosa bastante ya por sí sola, y en seguida, como si nada se hubiese efectuado, volver á determinar nuevas proyecciones de lo mismo y sobre el mismo trabajo, con condiciones infinitamente más difíciles, cuyo procedimiento es inaceptable en la práctica.

Además, las proyecciones hortogonales tienden á definir y poner de manifiesto la configuracion de los objetos, ó lo que es lo mismo, á determinar sus líneas de curvatura en sentido de las dos posiciones principales vertical y horizontal; al paso que las oblícuas, proviniendo de la direccion particular de la luz, determinan independientemente de aquellas, líneas de degradacion, muy difíciles de hallar como hemos visto, y que en general nunca coinciden con las anteriores líneas de curvatura.

El sombrear un dibujo geométrico, tiene por objeto principal, el poder juzgar en conjunto y sin fatiga de la vista, de sus proporciones, de la naturaleza de las superficies que comprenda, de la posicion de las mismas, y en una palabra, de su *efecto* en general, sin verse obligados á recorrer y examinar una por una todas sus líneas; pero de ningun modo hacer alarde de conocimientos en geometría

descriptiva, ni de haber vencido las dificultades de su establecimiento bajo condiciones estrañas.

Así es, que no solo es conveniente sino hasta lógico, llegar al objeto de visibilidad indicado, por medio de los supuestos más sencillos que conduzcan al efecto. Establezcamos, por ejemplo, que todo dibujo geométrico sea sombreado, con relacion á una direccion de luz perpendicular al plano del dibujo, y en completa armonía no solo con las líneas proyectantes, sino tambien con las condiciones generales de proyeccion admitidas como más sencillas, y esto introducirá sin duda, una gran simplificacion en el problema de determinar las sombras, como ya hemos dado á conocer, sin que pueda temerse en ningun caso confusion alguna en el dibujo, puesto que no variamos la base de partida para obtener las nuevas proyecciones necesarias.

El resultado de un dibujo establecido de este modo tendria la apariencia, de uno en el cual solo se hubiesen espresado las sombras propias de los objetos, y suprimido las arrojadas.

Las curvas de degradacion de tintas, dependiendo entonces de la mayor ó menor inclinacion de los elementos de las superficies con respeto á sus líneas proyectantes, serian fáciles de determinar por coincidir con el mismo supuesto, y lo mismo los puntos y líneas brillantes, pudiéndose deducir unas y otras desde luego, consiguiéndose al mismo tiempo, por una parte, armonía completa entre la

manera de establecer particularmente las proyecciones y las sombras de los objetos, y por otra la uniformidad general en el sistema ó manera de dibujo.

Los dibujos ejecutados de este modo serán en efecto uniformes á cualquier género á que pertenezcan, siendo además de una ejecucion y un establecimiento sencillo y hacedero, sin dejar por esto de llenar cumplidamente el el objeto de presentar completa apariencia; con la ventaja además de no inducir á errores este sistema, como sucede cuando las sombras arrojadas no están exactamente determinadas, lo cual acontece casi siempre por la dificultad que en los demás casos envuelve, su determinacion rigorosa y geométrica. Solo se atenua esta dificultad en los raros casos en que se tenga á la vista el verdadero objeto representado iluminado convenientemente, y se copien aproximadamente sus sombras, imitando los efectos que la luz natural produzca en las superficies de que se compone, por medio de una observacion esquisita, y de una práctica particular que solo puede ser el resultado de grandes conocimientos artisticos.

Bajo el supuesto de luz perpendicular al plano del dibujo, los proyectos de máquinas y aparatos mecánicos, los de arquitectura, los de artillería, carruajes y máquinas de guerra, los de puentes y minas militares, quedarian no solo simplificados, sino tambien en armonía con los planos topográficos y de fortificacion, en los cuales se usa esclu-

sivamente este sistema de luz, por ser el que ofrece más contrastes en razon de la diversidad de las pendientes que envuelven, y todo esto sin perder nada de su escelencia.

Situado además el punto de vista al infinito como para la proyeccion, quedaria aun escluida del dibujo la perspectiva áerea, pudiéndose hacer entrar esta misma en los detalles cuando fuese conveniente, con solo suponer el punto de vista á una distancia finita.

SOMBRAS EN LAS PROYECCIONES DERIVADAS.

En lo que llevamos espuesto sobre este género de luz, se notará que solo nos hemos referido á las proyecciones hortogonales primitivas, y que bajo este supuesto hemos señalado la concordancia entre las líneas proyectantes y la direccion del rayo de luz, y la coincidencia al infinito del punto de vista para la proyeccion y las sombras de los objetos; pero como sucede con frecuencia, el que á partir de las proyecciones hortogonales, nos hallamos en la necesidad de determinar para un cuerpo, nuevas proyecciones, se hace indispensable el que entremos en algunas consideraciones.

Desde luego creemos vicioso el giro que se dá comunmente á la solucion de esta cuestion, cuando entran en combinacion con ella las sombras de los objetos.

Fácil es hacerse cargo, de la inmensa dificultad que presentará, el problema gráfico de determinar la proyeccion oblícua, de un sistema de cuerpos á partir como es preciso, de sus proyecciones hortogonales, si se impone la condicion de hallar al mismo tiempo la proyeccion análoga de las sombras propias y arrojadas del sistema, supuestas estas ya trazadas en las proyecciones de partida: pues bien, con este mismo inconveniente se tropezará, sin duda, presentado el problema bajo esta forma, aun cuando supongamos que las sombras de la proyeccion primitiva han sido determinadas bajo la condicion de perpendicularidad de la luz sobre el plano del dibujo, sino se introducen algunas modificaciones.

Sea en efecto, *A B C D L* la proyeccion horizontal [figura 10 (1.ª)] de una esfera, el contorno aparente *A B* su línea de separacion de luz y sombra, *C D* una línea intermedia de degradacion y *L* su punto brillante, bajo el supuesto de ser vertical la luz que la ilumina, y que parten del mismo punto al infinito, las líneas proyectantes, los rayos luminosos y los visuales.

Desde luego se advierte que la sombra arrojada de la esfera existirá en este caso como en todos, sino que podemos prescindir de ella enteramente, puesto que queda oculta bajo el contorno aparente de la esfera, en razon de la posicion del punto de vista.

Si nos proponemos hallar una nueva proyeccion, tanto de la esfera anterior como de sus sombras, variando cual-

quiera de las condiciones precedentes, como por ejemplo, en el supuesto de que la luz siga partiendo del infinito vertical, pero que las proyectantes y las visuales partan del infinito horizontal, resultará la figura 10 (2.ª) en la cual la línea inferior $A'B'$ será la espresion de la sombra arrojada por la esfera, y eso que la proyeccion nuevamente encontrada no deja de ser hortogonal.

Si transformásemos la proyeccion anterior en una oblicua, bajo el supuesto de que permaneciendo la misma la direccion de la luz, las líneas proyectantes y los rayos visuales formen con el plano horizontal un ángulo x determinado, nos resultará la figura 10 (3.ª), que será la nueva proyeccion derivada de la anterior, presentada por medio de un cuarto de conversion en el mismo plano vertical que la primera, y en la cual aparecen ya definidas con su carácter especial todas las curvas de sombra, tanto propias como arrojadas, que en los demás casos quedaban eliminadas.

Si se tratase de una perspectiva, no hay duda que caeriamos en los mismos inconvenientes, aumentados por la naturaleza de las proyecciones concurrentes.

Queda, pues, sentado que enunciado el problema de la manera que hemos supuesto anteriormente, esto es, como cuestion de determinar una nueva proyeccion de un cuerpo y de sus sombras propias y arrojadas á partir de otra primitiva ya establecida, envuelve los mismos inconvenientes en la práctica que cuando se trata de luces diver-

samente inclinadas, perdiéndose las ventajas de simplificacion qne pueden envolver para todos los casos, otras condiciones del problema, sin que sea bastante á hacer desaparecer la complicacion anterior, el elegir de modo la direccion de la luz que no aparezcan en la proyección primitiva las sombras arrojadas, ni el que las propias se presenten de la manera más sencilla.

CONSECUENCIAS.

Si reflexionamos, sin embargo, sobre las causas de estas contrariedades, vemos desde luego que provienen de que nos vemos obligados, en cada uno de los casos supuestos; á variar las condiciones de relacion entre las líneas proyectantes, las luminosas y las visuales.

Si dividiéramos este problema en dos partes, distinguiendo las proyecciones de los cuerpos de sus sombras, cosa tanto más hacedera, cuanto que envuelve dos casos enteramente independientes y sin ninguna relacion entre si, desaparecerian todas las dificultades espuestas, quedando reducido el problema que nos ocupa á su mayor grado de sencillez posible, trasladándolo al dominio verdadero de la práctica.

Natural es, en efecto, y hasta lógico empezar en todos los casos, estableciendo las proyecciones de un sistema dado de cuerpos ó superficies, cualquiera que ellas sean,

transformándolas y derivándolas segun nos sea necesario sin tener en cuenta sus sombras.

Una vez determinadas las proyecciones, cualquiera que sea su naturaleza, llega el caso de considerarlas iluminanadas, si esto es conveniente, ó es nuestro propósito, lo cual es del todo independiente.

Dividido de este modo tan natural el problema, desaparecen necesariamente todas las dificultades que en contra nuestra nos habíamos creado sin ventajas que las justifiquen, y por mero lujo de ciencia teórica, perjudicial porque á nada conduce, siendo árbitros de atribuir entonces á las proyecciones que establezcamos, la iluminacion que nos sea más ventajosa.

PRINCIPIO GENERAL.

LUZ PERPENDICULAR AL PLANO DEL DIBUJO.

Podemos, pues, finalmente, sentar como principios:

1.° Que en los trabajos gráficos sobre sombras, debe separarse completamente la parte geométrica que se refiere esclusivamente á las proyecciones diversas de los cuerpos que se consideren, de la relativa á las sombras de los mismos.

2.° La direccion de la luz debe considerarse siempre

como perpendicular al plano del dibujo para evitar que en ningun caso aparezcan sombras arrojadas, y solo sí las propias de los objetos.

Bajo las anteriores bases, cuando las proyecciones sean hortogonales, es evidente que se verificará una gran simplificacion en el problema por la coincidencia de las líneas proyectantes con las luminosas y visuales, resultando, por lo tanto, confundidos en uno mismo estos tres sistemas de líneas.

Si además suponemos que el punto de vista solo pueda variar de posicion sobre la vertical, se verificará que cuando *se le sitúe al infinito no habrá puntos cercanos ni lejanos*, y los efectos de la perspectiva aérea quedarán tambien eliminados del dibujo: siendo árbitros de hacer entrar estos efectos, cuando lo creamos necesario, con solo suponer el referido punto de vista á una distancia finita, moviéndose sobre un plano paralelo al del cuadro.

Cuando las proyecciones de que se trata sean oblicuas, para obtener los mismos resultados espresados anteriormente, será indispensable suponer independientes el punto de vista y el luminoso, del sistema de proyeccion; la direccion de sus rayos permanecerá perpendicular al plano del dibujo, cualquiera que sea la de las líneas proyectantes de las superficies iluminadas, pues solo de este modo se conseguirá el descartar las sombras arrojadas, quedándose solo con las propias.

Bien se vé que igual abstraccion habrá que hacer para

los mismos fines, siempre que se trate de proyecciones concurrentes ó perspectivas.

Como por lo regular las proyecciones bajo las cuales se determinan los cuerpos son las hortogonales, no empleándose las oblícuas y concurrentes sino en casos escepcionales, se sigue que las líneas de sombra, bajo los anteriores principios, coincidirán con las de curvatura de las superficies proyectadas en los dos sentidos principales, esto es, horizontal y vertical.

Para poder hacer esta distincion de curvaturas, parece á primera vista preciso, suponer aislada la proyeccion horizontal de la vertical de un objeto. En el caso, en efecto, de considerarse una proyeccion horizontal, los tres sistemas de líneas de que hemos hablado serán verticales y paralelos, produciendo curvas de degradacion de tintas que coincidirán con las líneas de curvatura horizontales de la superficie: en el segundo caso, para mantener la condicion de perpendicularidad de los tres sistemas de líneas al plano de proyeccion, y por consiguiente la coincidencia de las líneas, será preciso suponerlas horizontales para que las líneas de degradacion de tintas resultantes, sigan la misma ley que las verticales de curvatura de las superficies iluminadas: pero observando, que en todo dibujo se considera la proyeccion vertical abatida sobre el plano horizontal de proyeccion, resulta que por el giro hecho, todas las líneas, tanto proyectantes como luminosas y visuales, vienen á ser perpendiculares al plano del dibujo,

estableciéndose, con la igualdad de condiciones, la coincidencia de los resultados.

Solo nos referiremos, por lo tanto, en lo que nos resta que esponer, á las proyecciones hortogonales, y de estas á algunos cuerpos solamente, puesto que las mismas consideraciones que empleemos en este caso nos han de servir, por ser idénticas, para cualquiera otros en que nos encontremos.

Seremos breves en las aplicaciones que vamos á hacer como complemento de lo espuesto, pues no creemos puedan hallarse dificultades en la determinacion de sombras de ninguna especie, segun los principios enunciados, reducido el problema á su simplificacion absoluta, y no envolviendo más variedades, que las conocidas de todos, referentes á la proyeccion geométrica de los cuerpos.

DESARROLLO DEL PROBLEMA.

Supongamos primeramente el caso en que, para una proyeccion dada, se considere el punto de vista y luminoso situados al infinito, caso que escluye, como sabemos, la perspectiva aérea.

Segun el supuesto anterior, combinado con los precedentes, las sombras de que tratamos quedarán reducidas no solo á las propias de la proyeccion que se considere, sino que su intensidad dependerá esclusivamente de la

manera como los rayos luminosos hieran las superficies que el dibujo presente, cosa bien fácil de deducir desde luego.

Sea, por ejemplo (2—3—5—6—4), (lámina 15, figura 11), la cara de un poliedro cuya intensidad de sombra nos propongamos determinar. Como esta debe estar en relacion con la pendiente del plano que la forma, el problema quedará reducido á hallar la espresion del ángulo horizontal, que será la que nos medirá la cantidad de sombra que buscamos.

Si hallamos, pues, la escala de pendiente (2—6) del plano ó cara propuesta, nos serán conocidas las líneas *A B* de máxima pendiente, cuya inclinacion mide el ángulo espresado. Abatiremos, pues, el plano vertical *A B*, siendo (0—8) la escala de relacion, y encontraremos que $\frac{1}{2}$ es el valor del ángulo que mide la cantidad de sombra relativa, correspondiente al referido plano de la cara.

Como la fraccion $\frac{1}{2}$ es la espresion numérica en este caso, de $\frac{\text{sen.}}{\text{cos.}}$, ó sea de la tangente trigonométrica del ángulo, se sigue que esta será igual efectuada la division á 0,5, valor que multiplicado á su vez por el radio de las tablas naturales, y hallado en ellas el número resultante, nos dará el lado el del ángulo que buscamos, espresado en grados y minutos, esto es

tang. $\frac{1}{2} = 0{,}5$; tang. $= 0{,}5 \times 10.000 = 5.000 = 26^{\circ}\ 34'$.

Si en vez de tratarse de un plano cualquiera fuese una esfera la que se analizase, la observacion de las inclinacio-

nes de sus planos tangentes, nos conduciria á la determinacion de la intensidad de sombras en todos sus puntos. Siendo la seccion aparente un emisferio y por lo tanto su corte una semicircunferencia, las inclinaciones ó ángulos de las tangentes variarian entre 0° y 90° envolviendo todas las tintas intermedias, entre el máximun de luz y la carencia absoluta de ella, esto es, entre el blanco y el negro tomados como límites.

Entre la infinidad de tintas que pueden intercalarse entre estos límites, se formará un desvanecido perfecto y uniforme, el cual podrá tener empleo en absoluto, cuando se trate de sombrear un cuerpo, cuya seccion vertical paralela al rayo de luz sea un semicírculo, como se verifica en todas las proyecciones de la esfera, ó en un cilindro horizontal de bases circulares. En la determinacion de las tintas ó aguadas correspondientes á planos diversamente inclinados, ó á superficies curvas cuyos planos tangentes no sigan una ley uniforme de inclinacion, es indispensable clasificar estas tintas por grupos, más ó menos aproximados en intensidad, segun el caso en que nos encontremos. De todos modos, como hemos hecho depender las intensidades del valor de los ángulos, y estos se subdividen tan considerablemente como sabemos, resulta que tenemos campo abierto para proceder en cada caso del modo más conveniente. Al mismo tiempo se vé, que si bien el límite inferior de sombra, esto es, el blanco del papel debe ser reservado para los puntos ó líneas brillantes ó planos

horizontales, no sucede lo mismo con el superior ó sea el negro, puesto que puede ser alejado de la posicion de 90° ó acercarse á la 0° tan arbitrariamente como deseemos, á la manera como se intercalan términos en una progresion determinada entre dos límites asignados. La circunstancia de alejar el negro absoluto de las tintas de un dibujo es siempre conveniente, pero se hace de todo punto indispensable cuando los cuerpos sombreados deban recibir color, sobre todo en las grandes escalas.

Vamos, pues, á establecer bajo estas bases una escala de intensidad de tintas, en el supuesto de crecer las inclinaciones de los planos de 5 en 5 grados, la cual podrá servir de tipo para construir otras análogas.

Hemos visto en otro lugar, que la cantidad de luz que recibia la proyeccion de un plano inclinado, estaba espresada por el coseno del ángulo que formaba con el horizontal, estando dada la que perdia por el valor del seño verso del mismo ángulo. Tenemos, pues, á nuestra disposicion, una ley geométrica para determinar la diferencia entre las tintas, pues si suponemos que los espresados cosenos indican la cantidad de blanco que debe mezclarse á la de negro dada por los senos versos, resultará la cantidad de sombra correspondiente á cada inclinacion de los planos, refiriéndonos siempre al mismo radio trigonométrico.

Igualmente pudiéramos recurrir, para establecer la indicada escala, á las relaciones que guardan entre sí los cosenos y los senos de los referidos ángulos; pero sin em-

bargo, vamos á valernos de otra relacion más conforme con la naturaleza, que las que envuelven las precedentes líneas artificiales, y cuyas diferencias son análogas.

La teoría de la reflexion de los rayos luminosos es la que va á servirnos al objeto.

Sabemos que los ángulos de incidencia son iguales á los de reflexion. Sean (lámina 16, figura 12), $a\,a'$, $a'\,b'$, $b'\,c'$, $c'\,d'$ y $d'\,e$, una série de planos tangentes á una esfera, abrazando todas las inclinaciones posibles.

Si suponemos el rayo luminoso en b, este formará con la prolongacion del radio correspondiente, el mismo ángulo α' que el α en el centro: el ángulo $R\,b\,r$ formado por el rayo incidente y reflejado, es pues doble del α. Lo mismo se verifica en los demás puntos a, c, d, e, con la particularidad de que en a, se refleja la luz en su misma direccion vertical, cuando e es el límite de los rayos reflejados.

ESCALA GENERAL DE INTENSIDAD DE SOMBRAS.

La ley de difusion de la luz, determinada por el crecimiento sucesivo de los ángulos de reflexion, es, pues, muy á propósito para formar la escala de intensidad de tintas que buscamos.

La cantidad de sombra para un punto b ó para todos los del plano $a'\,b'$, puede estar representada por el ángulo de reflexion $R\,b\,r$, así como la cantidad de luz ó de blanco

puede estar espresada por sus ángulos suplementarios: lo mismo podemos decir de los restantes.

Supuesto el ángulo de inclinacion de 22° 30′, el ángulo doble de reflexion será de 45°: su suplemento valdrá 135°: la relacion, pues, 45 : 135 ó 4,5 : 13,5 espresarán las cantidades de negro y blanco que deberán entrar en la composicion de la tinta, ó lo que lo mismo para indicar la sombra perteneciente al plano propuesto.

Bajo estos datos, podemos formar la tabla siguiente de relacion entre la luz y la sombra, para diferentes inclinaciones.

Angulos de inclinacion.	Angulos de reflexion.	Angulos de suplemento.	Relacion entre estos dos ángulos.
0°	0°	180°	0 : 18
5	10	170	1 : 17
10	20	160	2 : 16
15	30	150	3 : 15
20	40	140	4 : 14
25	50	130	5 : 13
30	60	120	6 : 12
35	70	110	7 : 11
40	80	100	8 : 10
45	90	90	9 : 9
50	100	80	10 : 8
55	110	70	11 : 7
60	120	60	12 : 6
65	130	50	13 : 5
70	140	40	14 : 4
75	150	30	15 : 3
80	160	20	16 : 2
85	170	10	17 : 1
90	180	0	18 : 0

Esto supuesto, será fácil trazar la escala general de tintas, que en un dibujo cualquiera satisfaga las exigencias del sombreado de las superficies que comprenda.

La figura 13, espresa gráficamente las relaciones que

acabamos de desenvolver, dando por resultado la escala *E* de intensidad de tintas para todas las pendientes posibles.

La referida escala está presentada en proyeccion, suponiendo de igual magnitud todos los planos en que se subdivide el cuadrante *A B*, segun su posicion natural en el mismo.

Se vé desde luego, sin embargo, que desarrollando el arco *A B* obtendríamos en *E* bandas iguales en anchura para todas las tintas, sin que esto influya en la organizacion de la escala, y últimamente que pueden dársele diferentes formas apropiadas al uso particular á que se la destine, sin cambiar su esencia, como iremos notando sucesivamente.

En la práctica, la escala precedente de intensidad de tintas, puede establecerse con suma facilidad; despues de trazado el rectángulo *E* que ha de contenerla y sus divisiones parciales, se darán diez y ocho aguadas claras, abandonando sucesivamente cada vez una de las zonas.

Si la sombra hubiera de obtenerse en trazos (figura 15), deberemos cuidar al establecerla, de que en una misma estension de plano se verifique siempre, que la suma de los espacios claros dejados entre los trazos y la de los negros ocupados por estos, guarde la misma relacion que la de los elementos blancos y negros asignados á cada pendiente. La consecuencia de esta ley, es que los trazos serán tanto más gruesos y estarán más unidos, cuanto mayor sea la inclinacion de los planos que representen.

Puesto que la regla general es determinar en grados el ángulo doble y compararlo con su suplemento, nos es fácil conocer el tono de intensidad de una pendiente intermedia.

Inversamente, por la comparacion de la intensidad de las tintas, podremos deducir la sucesion de las inclinaciones.

Desde luego se ve tambien, que estendiendo una tinta uniformemente degradada que se aproxime al negro en uno de sus estremos y al blanco en el otro, dividiéndola convenientemente para separar los grados de pendiente, llegaríamos igualmente al resultado de obtener una escala de tintas.

Vemos, pues, con cuánta facilidad podemos resolver bajo estos supuestos, el problema de sombrear geométricamente un dibujo, por diferentes que sean los objetos que comprenda. Toda la dificultad viene á reducirse á la bien pequeña, de medir las diferentes curvaturas ó pendientes que afecten las superficies de que se componga. Si el plano ó proyeccion referida estuviese formado por medio de acotaciones, ó lo que es lo mismo, habiéndose valido para establecerlo de las escalas de pendiente de las superficies, todas las inclinaciones con respecto al plano de comparacion nos serán conocidas por los mismos datos del dibujo. No envuelve tampoco mayor dificultad el problema, si los cuerpos de que conste el dibujo están dados por sus proyecciones hortogonales: la cuestion estaria reducida á cor-

tar perfiles en sentido de las líneas de máxima pendiente ó de curvatura, operaciones bien sencillas cuando se dispone de las proyecciones horizontal y vertical, como en el caso que suponemos.

Por este procedimiento, los dibujos, ya sean de cuerpos regulares ó irregulares, serán idénticos, no ofrecerán dificultades en su ejecucion, y las tintas que en ellos se empleen, en vez de inducir á errores, ayudarán poderosamente al que los examina á deslindarlos sin trabajo, facilitando su análisis desde el primer golpe de vista.

Si la teoría del establecimiento de las sombras no puede ser más sencilla, tampoco lo es menos el trabajo material del sombreado, reducido como queda á estender tintas uniformes segun la inclinacion de las superficies planas, formando ligeros desvanecidos en las curvas, reservando los puntos y líneas brillantes ó sean los espacios ó elementos horizontales que se presentan perpendicularmente al rayo luminoso.

Esta simplificacion que hemos procurado llevar á su límite, sin perjudicar por eso los *efectos*, es conveniente en todos los casos, y de absoluta necesidad en los dibujos de pequeña escala, como los planos de conjunto de todo proyecto. Cualquiera variacion introducida, podria complicarlos de tal modo, que de un trabajo sencillo y metódico, y por lo tanto muy praticable, haríamos uno confuso é interminable. Por esta razon, hemos prescindido hasta el presente de toda consideracion que se refiera á la pers-

pectiva aérea, manteniendo el punto de vista al infinito, asimilando los rayos visuales á los luminosos y á los proyectantes.

PERSPECTIVA AEREA.

En los planos en grande escala y en los detalles, sin embargo, esta exactitud geométrica produce cierta monotonia. Pero como ofrecen á la vez las magnitudes espacio suficiente para proceder libremente al desvanecido de las tintas, la frialdad de los espresados dibujos, propia de la severidad geométrica, puede ser atenuada en este caso, dando cabida á los *efectos aéreos*, aun dentro de los principios que dejamos establecidos.

En vez de suponer el punto de vista al infinito, nada se opone, en efecto, á que lo supongamos situado á una distancia finita: ningun cambio se originará por esta disposicion, ni en las direcciones de las líneas proyectantes, ni en la de los rayos de luz, ni en los visuales, con solo suponer que el punto de vista se mueve en un plano horizontal paralelo al del dibujo, situándolo para cada punto en la vertical correspondiente.

La variacion consistirá, pues, en que por esta modificacion habrá que tener en cuenta las distancias de los objetos del dibujo al punto de vista, ó lo que es lo mismo, que estos estarán más cercanos ó más lejanos, ó en gene-

ral, que se verán más ó menos, envolviendo, por lo tanto, la espresion de los *efectos naturales.*

Algo complica el anterior supuesto los precedentes procedimientos; pero nada en comparacion de lo que se necesitaria ejecutar para llegar al mismo objeto, cuando se trata de luces inclinadas y de proyecciones concurrentes ó perspectivas, aun sin contar los efectos de los reflejos, de los cuales podemos prescindir completamente, en el caso de la modificacion propuesta, por las condiciones especiales á que hemos sujetado el problema.

La variacion consiste, pues, en ver más ó menos los objetos; en dibujo, quiere esto decir que conforme se alejan aquellos, los claros deben ser menos vivos y más débiles las sombras propias de las superficies, esto es, hacerlos aparecer sucesivamente más confusos, ó más bien, más débilmente definidos.

La primera condicion de apagar los claros, se consigue por medio de aguadas generales, cada vez más intensas, siguiendo la ley de alejamiento, á la manera como se separan los distintos *términos* de un dibujo de paisaje, al prepararlo para recibir los detalles.

La segunda condicion de debilitar las sombras, puede obtenerse eligiendo intensidades á propósito para los tipos estremos. Así como para los planos generales hemos supuesto el blanco y el negro como límites, para intercalar entre ellos las tintas correspondientes á las diferentes sombras entre 0° y 90° de inclinacion, del mismo modo podre-

mos adoptar para el caso presente, límites menos marcados como las tintas de 0° y 15°, de 0° y 30°, de 0° y 45°, etc. para intercalar entre ellas los términos que sean convenientes, debiéndose entender que el límite superior elegido marca la pendiente máxima.

La amplitud que hemos dado á la escala general de tintas, que dejamos establecida, nos permite entrar en todo género de combinaciones. Cualesquiera que sea el número de aguadas generales que debamos emplear en un dibujo para apagar los claros, pueden ser deducidas de las marcadas en la escala; sucediendo lo mismo con las que necesitemos para determinar las sombras propias correspondientes, con solo fijar de antemano la ley que más convenga en el caso que nos hallemos. Si fuese, por ejemplo, cinco los *términos* que fuese necesario distinguir, las cinco tintas primeras espresadas por 0° y 20°, nos darían la sucesion que buscamos. Respecto á las sombras propias que deben elegirse para sombrear las superficies que han de estar cubiertas por estas tintas, el caso no es más embarazoso, eligiendo los límites á propósito como, hemos dicho anteriormente.

Solo en el primer término, en el cual los claros están espresados por el blanco del papel, nos encontraremos en el caso general, pudiendo emplear la escala con sus valores absolutos.

Con respecto al límite superior ó sea la tinta de 90°, se vé que nunca podria emplearse como tinta general, pues

nada se marca en ella. La referida separacion de planos es poco numerosa en los dibujos, siempre se suponen grandes distancias entre los términos, porque de otro modo no se distinguirian entre sí. En el paisage se suele sustituir esta série de tintas, con una sombra degradada desde lo lejos del horizonte hácia el primer termino, sin que esta, sea muy intensa; de manera que en todos los casos solo emplearemos, para lograr el *efecto* de alejamiento, las primeras tintas de la escala, intercalando otras proporcionales, en caso necesario.

No insistiremos más sobre este particular, un poco de práctica y la observacion de buenos modelos nos hará notar desde el momento, los inconvenientes de que debemos alejarnos.

Un solo caso, sin embargo, debemos analizar al presente, para completar las ideas generales que sobre el particular llevamos espuestas.

Sean *H B A C* (figura 14) tres planos, que se cortan, dos diversamente inclinados y uno horizontal, siendo vertical el rayo luminoso, y horizontal el plano sobre el cual se mueve el punto de vista.

Dos tintas diferentes tenemos que considerar en este caso: la una relativa á la inclinacion de los planos y la otra en relacion con su alejamiento sucesivo del punto de vista: la primera está espresada en la figura por los rectángulos simplemente rayados, y la otra por los triángulos de líneas cruzadas en los planos inclinados, y rectángu-

lo del plano horizontal, siendo la segunda solucion la verdadera.

Se verifica á la vez, que esta misma solucion es la más ventajosa cuando hayamos de dar colorido á las superficies, puesto que, los espacios más elevados son los menos cargados de tinta, debiendo aparecer en ellos con más intensidad los colores empleados.

Pero supongamos que no deban emplearse colores sobre las sombras, sino que el efecto deba ser producido por los *efectos* entre el blanco y el negro, haciendo á la vez las tintas los oficios de sombra y de colorido: entonces se invierten las condiciones, resultando la figura 1.ª, en la cual los desvanecidos se presentan de arriba á abajo inversamente que en la 2.ª.

Sabemos además que uno de los recursos del dibujo son los *contrastes*, por cuyo medio se hacen destacar los claros por la contraposicion de tintas oscuras: en la figura 2.ª los contrastes son mucho más débiles que los que presenta la 1.ª siendo esto un gran inconveniente en la mayor parte de los casos.

Así es, que generalmente se hace uso del primer supuesto sobre todo en los dibujos de fortificacion, á pesar de que en rigor debieran tratarse del otro modo, en razon de llevar siempre colorido.

No por esto debemos calificar de escepciones estos dibujos, sino que, verificándose que las masas de fortificacion están compuestas de una sucesion de planos diversamente

inclinados, terminados por sus mútuas intersecciones, unas veces en gotera y otras en arista, se hace indispensable para distinguirlos el exagerar en lo posible los contrastes entre ellos, lo cual se logra con el supuesto enunciado de que las tintas hagan á la vez el papel de sombras y de colorido, relegando á la simple funcion de colores convencionales para clasificar las diferentes partes del dibujo, los que se emplean en esta clase de planos.

ESCALAS PARTICULARES DE INTENSIDAD DE TINTAS.

SUPERFICIE DEL TERRENO.

Las circunstancias especiales en que se encuentran los planos topográficos hacen, que el sombreado de las superficies naturales forme una seccion aparte, no con relacion á los principios generales establecidos, sino con respecto á la manera más conveniente de emplearlos.

La superficie del terreno hemos visto que es completamente irregular, no solo por no admitir ningun género realmente geométrico de generacion, sinó por sus contínuos é incoherentes cambios de curvatura.

Las inclinaciones de sus planos tangentes son en general variables en todos sus puntos, sin leyes especiales que las determinen en absoluto. Sin embargo, las pen-

dientes del terreno no son indefinidas como sucede en los cuerpos geométricos, variando solo entre determinados límites.

El único modo de proyeccion aplicable á esta superficie, esto es, su espresion por curvas de nivel horizontales, concreta tambien el problema, reduciéndolo á la consideracion ó exámen de las zonas en que queda dividida.

Las grandes estensiones, sin embargo, que es preciso consignar en los planos, el escaso relieve por lo regular del terreno que abrazan y la necesidad de las escrituras, complican considerablemente la cuestion, envolviendo por precision el uso de una porcion de escalas sumamente pequeñas como hemos visto en la primera parte, cada una de las cuales introduce indispensablemente en el problema general, modificaciones particulares.

SOBRE LAS PENDIENTES.

Las pendientes del terreno superiores á 45° son escepcionales en la naturaleza, están producidas por los escarpados y los tajos de las rocas, ofreciendo poco interés la espresion circunstanciada de sus formas, con tal que se definan estos accidentes en conjunto segun la índole de sus masas. Son además estas pendientes inaccesibles á los hombres, naciendo de aquí el que se las dé solo importancia como obstáculos, circunscribiéndose en los planos

con toda exactitud los espacios que comprenden, dibujándolos solo por imitacion ó bien convencionalmente.

De esta consideracion tan fundada, se origina una gran simplificacion en el problema de sombrear esta clase de superficie, pues nos exime de tener en cuenta las pendientes superiores á 45°, así como tambien la poca importancia de las inferiores á 5°, hace casi indiferente el que se confundan entre sí.

Para juzgar mejor de estas observaciones recordaremos que la esperiencia de los hechos demuestra:

1.° Que las pendientes de 45°, uno de base por uno de altura, son muy difíciles de franquear por los hombres.

2.° Las de 30°, próximamente de 7 de base por 4 de altura, son inaccesibles para los caballos.

3.° Las de 15°, 4 de base por 1 de altura aproximadamente, son inaccesibles á los carruajes.

4.° Las de 5°, cerca de 12 de base por 1 de altura, son ya bastante practicables para los carruajes, y por lo tanto, con mucha más razon, las inferiores.

Si agregamos á estos precedentes el hecho constantemente observado de que el mayor talud que toman por sí los grandes derrumbos que se efectúan en las montañas, aun al tiempo de verificarse, nunca escede de 10 de base por 7 de altura ó del ángulo de 35°, tendiendo siempre á rebajarse por la accion del tiempo y de los elementos, se vendrá en conocimiento, sin género alguno de duda, de que las pendientes de 45° y sus superiores, son, como he-

mos dicho escepcionales, que las pendientes de 5° y 30° son las más frecuentes en la naturaleza, las primeras como espresion de las llanuras, y las segundas como pendiente general en las laderas de las montañas, debiendo considerarse tambien de la misma importancia la pendiente de 15° como intermedia entre los dos límites generales.

Síguese de aquí una consecuencia natural y es que, además de poderse prescindir de las tintas generales de la escala de 45° arriba, las sombras capitales ó las que más nos importa definir, son á partir de cero, las correspondientes á 5, á 15, á 30 y á 45°, cuya diferencia aritmética está espresada por 0, 5, 10, 15 y 15, ó sea por la relacion entre los números 0, 1, 2, 3 y 3.

Ahora bien, si por medio de las tablas de senos naturales, observamos que,

	Valor.	Razon.
Seno de 0° =	0,000	0
Sen. 5° =	8,715	8,715
Sen. 15° =	25,882	17,167
Sen. 30° =	50,000	24,119
Sen. 45° =	70,710	20,710

deduciremos tambien dividiendo estos números por el seno de 5° para que este quede espresado por la unidad, que su relacion está determinada aproximádamente por los números 0, 1, 2, 3 y 2,5, los cuales solo difieren de los

anteriores en que la última razon ó sea la de 30 á 45°, decrece en 0,5 de intensidad.

Retrocediendo á examinar la ley de crecimiento de tintas que dejamos anteriormente consignada en la escala general que establecimos, observaremos tambien, tomando por unidad la tinta correspondiente á 5°, que su ley ascendente es 0, 1, 3, 6, 9, siendo la razon de estos números 0, 1, 2, 3, 3 idéntica á la primitiva.

ESCALAS PARA EL TERRENO.

Vemos, pues, que tenemos los datos necesarios para proceder al análisis de la cuestion y deducir las consecuencias convenientes.

Una vez fijados como límites estremos de las tintas, las pendientes de 0° y 45°, es evidente que podemos proceder al establecimiento de una escala de sombras destinada á la superficie del terreno, asignando el blanco para el límite inferior, y el negro absoluto para el superior, intercalando entre ellos los tonos correspondientes al órden de pendientes en grados que nos sea designado, ó creamos necesario.

Bajo este supuesto, nada más fácil que transformar en escala topográfica de tintas, la escala general descrita anteriormente, con solo trasportar el negro á la línea que ocupa la pendiente de 45°.

La relacion entre los dos límites, dado el intervalo sucesivo de las inclinaciones de 5 en 5°, será entonces de 0 á 9, y la de las tintas intercaladas, en su proporcion de blanco y de negro, estará espresada por la relacion de los ángulos dobles con su complemento, en esta forma:

Grados.		Negro.	Blanco.
0°	0° — 90°	0	9
5	10 — 80	1	8
10	20 — 70	2	7
15	30 — 60	3	6
20	40 — 50	4	5
25	50 — 40	5	4
30	60 — 30	6	3
35	70 — 20	7	2
40	80 — 10	8	1
45	90 — 0	9	0

La espresion gráfica de esta modificacion será la siguiente:

La primera zona de la figura 15, lámina 16, comprende la relacion en absoluto entre el blanco y el negro perteneciente á cada cinco grados de pendiente.

En la segunda zona se ha efectuado la division de estas tintas, convirtiéndolas en trazos que envuelven entre sí las

mismas relaciones de claro y oscuro anteriores. Por esta razon se supone la igualdad de los espacios ocupados, para que resulte al descomponerlos, la relacion entre el blanco y negro que corresponde á cada uno de ellos.

Tomando por unidad uno de estos espacios, se ha dividido en 54 partes para que resulten 6 trazos de grueso proporcional para cada uno, y otros tantos claros intermedios. Como la escala empieza en los 5° una de estas partes será el grueso correspondiente al trazo unidad, puesto que el claro inmediato estará con él en la relacion convenida de 1 á 8, siendo la suma de ellos como 6 : 48, cuya suma es 54. En los espacios siguientes los gruesos van aumentando en una unidad sucesivamente, disminuyendo en la misma proporcion los claros, manteniéndose en todos la ley de relacion consignada.

Esta parte de la figura no viene á ser por lo tanto, sino la primera zona de tintas reducida á una escala seis veces menor: se vé desde luego que continuando este procedimiento podremos llegar á obtener escalas cada vez menos intensas, como se espresa en la tercera zona de la figura, aplicables segun su grado á las diferentes proyecciones de la superficie del terreno, conforme estas vayan disminuyendo en razon de la reduccion de las escalas.

Es evidente que cuanto menor sea la escala de un dibujo topográfico, los trazos que hayan de sombrear la superficie del terreno que comprenda han de ser cada vez mas finos respectivamente, pero conservando entre sí la relacion

establecida, la cual podemos observar que en general estará espresada por la condicion de que á menor pendiente, los trazos han de ser relativamente más separados y más finos, siendo por la inversa más gruesos y unidos con relacion al crecimiento de aquella.

Las propiedades precedentes atribuidas á los trazos lo han sido bajo el supuesto geométrico de ser estos rectangulares; su aplicacion rigurosa, no podrá, pues, tener efecto sino en las partes planas de las superficies de que tratamos, en cuyo caso único se verifica que aunque diversamente inclinadas, pueden ser divididas en zonas rectangulares, segun la direccion de las horizontales de los planos que constituyen las pendientes, sobre las que deben apoyarse los trazos.

Esta observacion hace presentir desde luego las modificaciones que será preciso introducir en el empleo de estas escalas, cuando los trazos en vez de apoyarse sobre líneas rectas horizontales, lo estén en las curvas irregulares que definen la superficie del terreno. En este caso, se ve que ó los espacios negros ó los blancos dejan de ser rectangulares, cuyas circunstancias analizaremos cuando tratemos de las zonas curvas elementales.

Aun prescindiendo de la consideracion que precede, resulta en la práctica del dibujo que la escala anterior es demasiado intensa en razon de sus tintas estremas ó sus límites. Para atenuarla en sus efectos, se ha recurrido al medio de llevar el negro absoluto á la pendiente de 50°,

comprendiendo en consecuencia la de 45° una parte de blanco espresada por $\frac{1}{10}$, disminuyéndose por lo tanto en igual relacion la intensidad de todas las tintas intercaladas con respecto á las que dejamos establecidas.

De esta manera está formada la escala que contiene la lámina 17. El negro absoluto está reservado á las pendientes de 50° á 90°. La diferente longitud de los trazos que se observa, proviene de haberse supuesto que las horizontales en que se apoyan, existen en planos equidistantes como indica el perfil, lo cual hace, como sabemos, que varien las proyecciones segun disminuyen las pendientes. Las sombras están espresadas en trazos de tinta, de lápiz y en aguadas de pincel, con destino á los usos diferentes que pueden ocurrir en la práctica.

APLICACION A LAS ZONAS ELEMENTALES.

La relacion entre el blanco y el negro que dejamos establecida, ó sea entre los espacios negros y blancos que resultan del empleo de los trazos para el sombreado del terreno, no puede ser llevada á cabo en absoluto, á no ser en las superficies planas, como hemos indicado, puesto que esta relacion está basada en la suposicion de que tanto los espacios negros como los blancos puedan ser rectangulares condicion que solo puede cumplirse cuando las zonas lo sean igualmente, circunstancia que no se verifica si las

secciones de nivel no son rectilíneas, ó lo que es lo mismo, en el caso de no ser planas las pendientes.

Cuando las referidas secciones sean curvas, ya regulares y concéntricas, ya completamente irregulares, las zonas parciales resultan curvas tambien, verificándose entonces que los trazos que deben seguir, como hemos visto, la direccion de las líneas de máxima pendiente, no pueden ser rectangulares.

Si suponemos, en efecto, una superficie de revolucion cualquiera, una esfera ó un cono recto por ejemplo, las secciones de nivel serán círculos concéntricos; pero como los trazos seguirán la direccion de los rádios, y estos determinan espacios triangulares, es evidente que ó los trazos ó los intervalos afectarán la misma forma, perdiéndose en ambos casos la relacion establecida.

Si las espresadas secciones no son concéntricas el inconveniente es el mismo, aun cuando pueda atenuarse dando curvatura á los trazos, haciéndolos normales á la vez á las dos curvas que terminen la zona.

En tales circunstancias es difícil dar una solucion satisfactoria al problema. La dificultad, sin embargo, no procede de la esencia misma de la cosa, sino del modo de realizar el objeto. Se comprende bien que el sombreado de semejante superficie se efectuaria sin obstáculo, valiéndose del pincel por medio de las aguadas correspondientes, pero no así tratándose de llevarlo á cabo empleando trazos al efecto, cuyo caso es el que analizamos.

Nos es preciso por lo tanto buscar los medios de paliar este inconveniente, ya que no sea posible vencerlo sin caer en otros mayores. Lo primero que ocurre al efecto es el disminuir la longitud de los trazos de manera, que no sean perceptibles las diferencias de rectangularidad de los espacios, ó lo que es lo mismo suponer las curvas de nivel suficientemente próximas, para que resultando zonas sumamente estrechas puedan considerarse como rectangulares los trazos y sus intervalos. Esta solucion está generalmente adoptada en Alemania para los dibujos topográficos, pero aun prescindiendo de lo compacto de los trazos y de la oscuridad inconveniente que esto produce en las escrituras, envuelve este procedimiento un defecto capital que realmente lo hace inadmisible en el mayor número de casos.

Sabemos que no conviene á la representacion de la superficie del terreno por su índole, otro medio de representacion que la de espresarla por secciones de nivel equidistantes. La variacion de las pendientes es causa en consecuencia, de que las curvas se aproximen ó se desvien unas de otras, segun el crecimiento ó disminucion de las inclinaciones de la superficie. Por una parte, sin conservar estas curvas no nos es dado juzgar de los grados de pendiente, y por otra nos vemos en la necesidad de intercalar otras curvas interrumpidas, para guiar los trazos, lo suficientemente próximas las unas á las otras cuanto sea necesario acortar la longitud de los mismos, resultando

que estas curvas intermedias sin añadir nada á la definicion de la superficie, contribuyen poderosamente á confundir entre sí las curvas contínuas que son las interesantes, y á desnaturalizar por decirlo así la misma superficie á la que se quiere dar realce y facilidad para el análisis, por medio del empleo de los trazos.

En teoría, sin embargo, este inconveniente desaparece, puesto que realmente existe la diferencia de que unas curvas son contínuas ó cerradas, y las otras intercaladas, que están necesariamente interrumpidas, además de que los trazos deben guardar el grueso y claro correspondiente á la inclinacion que espresen las curvas matrices, independientemente de la longitud que se les asigne en razon del número de curvas que se intercalen.

En la práctica, sin embargo, se observa que cuanto más perfecto en este sentido es un dibujo de este género, tanto más difícil de deslindar se presenta, pues mayor sin duda ha de ser la confusion que resulte de estas combinaciones.

Así es, que el Cuerpo de Estado Mayor prusiano tiene adoptadas las escalas de tintas llamadas de *trazos característicos*, para obviar este inconveniente.

ESCALA DE TRAZOS CARACTERISTICOS.

Consisten estas escalas en diferenciar entre sí, no solo por su grueso sino por su forma, los trazos que deben es-

presar cada pendiente segun se indica en la figura 16, lámina 16.

La prescripcion unida á este sistema de señalar de tinta con un trazo fino las curvas horizontales de la proyeccion verdadera, para que no puedan inducir á error las curvas intercaladas, prueba suficientemente que esta convencion, aunque tan esplícita, aun no es bastante para hacer desaparecer por si, á pesar de su proligidad artística, el defecto que hemos señalado.

OBSERVACIONES.

En Alemania y en Rusia, por lo general, están recibidas las convenciones que acabamos de esponer para sombrear los dibujos topográficos, á pesar de los inconvenientes que dejamos espuestos. La base principal es, como hemos visto, el establecimiento de escalas de tintas en relacion con los grados de pendiente de la superficie del terreno. En la aplicacion de estas escalas se prescinde, segun hemos observado, de la separacion real de las curvas principales entre sí, reduciendo los trazos á una corta longitud casi constante, apoyándolos al efecto en curvas interrumpidas é intercaladas, que dividen las zonas principales desiguales en anchura, en zonas parciales de latitud uniforme. Esta circunstancia puede decirse que constituye la distincion característica de este género de dibujo, cuya base es el

método de Lehmann, y que entre nosotros lleva el nombre de sistema aleman de dibujo topográfico.

Lo compacto de los trazos, que es la consecuencia natural de este procedimiento, produce efectos muy notables en los dibujos en grande escala, y en los de terrenos de pendientes débiles ó ligeramente onduladas; pierde, sin embargo, esta belleza en el momento en que se reducen las escalas, ó se trata de espresar comarcas fuertemente accidentadas. Los dibujos resultan entonces oscuros y confunden las escrituras y los objetos aislados, presentando además cierta dureza que hace rebajar mucho su mérito.

Nada, sin embargo, debe estrañarnos esta manera de proceder en la pensadora Alemania. Nada hay absoluto. La naturaleza de las superficies que deban representarse han de influir poderosamente en el método que sea más conveniente adoptar para espresarlas. Llanos en general los estados ó comarcas que constituyen la estension inmensa de la Germania y de la Rusia, si esceptuamos las partes de la Babiera y del Austria comprensivas de los Alpes y de los Cárpathos, pequeñas con relacion al conjunto, es bien natural y hasta lógico el admitir cierta exageracion, en las escalas de tintas y en su manera de emplearlas.

Natural es á la vez que al implantar estos principios en paises de naturaleza distinta, sufran modificaciones importantes que los hagan adaptables á las condiciones especiales en que se encuentren aquellos.

Así es, que vemos en Francia establecerse una lucha de

métodos diferentes y de relaciones distintas para establecer sus *diapasones de tintas*, dando por resultado el ser abandonados los unos para hacer lugar á otros nuevos, siendo la variada topografía de la Francia la verdadera causa de esta al parecer incertidumbre.

La gran empresa casi llevada á cabo por el imperio vecino, de la publicacion de su carta, fué acometida con diapasones de un efecto notable para las estensas llanuras de la Francia, pero que hubieran comprometido el buen éxito de esta obra, verdaderamente monumental, si al llegar á las zonas de montaña, no se hubiesen abandonado.

Esta esperiencia ha conducido á modificar una vez más los diapasones; la memoria publicada por el Coronel Hossard en el tomo 9 del *Memorial* del Depósito de la Guerra francés, y que transcribiremos en parte, dá cuenta de su modificacion, dispensándonos de muchas esplicaciones, por ser enteramente conducente á nuestro objeto.

DIAPASONES DE TRAZOS.

En 1826, época en que el Depósito de la Guerra se preparaba á empezar el grabado de las primeras hojas de la carta de Francia, el Ministro de la Guerra, á propuesta del Jefe Director del espresado establecimiento, nombró una comision elegida entre las carreras al servicio público, con el fin de *establecer la uniformidad en la manera de*

espresar gráficamente el relieve del terreno. No habiendo sido adoptados los primeros acuerdos de esta Comision, fué convocada de nuevo en 1828, habiendo sido esta vez aprobadas sus decisiones. Dos artículos tratan especialmente de lo que tiene relacion con el grueso y separacion de los trazos, que son los siguientes:

Artículo 3.° El espacio entre los trazos estará en razon inversa de la rapidez de las pendientes, siendo igual á la cuarta parte de la distancia, medida entre dos curvas consecutivas.

Artículo 4.° Cuando la distancia entre dos curvas consecutivas sea menor de 2 milímetros, se sustituirá á la ley de separacion de los trazos la de sus gruesos. Este grosor aumentará en razon de la rapidez de la pendiente.

La inteligencia de estos artículos debe suponerse en el sentido más general, como lo prueba la sancion dada por el Ministro de la Guerra á los diapasones de trazos imaginados por el Coronel Bonne, para el servicio del Depósito de la Guerra, como complemento de las decisiones tomadas para la representacion del relieve del terreno en los planos topográficos. Es evidente, en efecto, que el principio del *cuarto de la distancia entre dos curvas, tomado como separacion de los trazos*, no tiene otro objeto que una indicacion general, destinada á las pendientes medias y susceptible de modificacion á las estremidades de la escala, para los cuales no es admisible este principio.

En el diapason de Mr. Bonne se verifica, que solo há-

cia las pendientes de 12 grados, para la escala de $\frac{1}{10.000}$ y la de 7 grados para la de 80.000, es aplicable la proporcion del cuarto de separacion, apartándose considerablemente de ella los intervalos señalados por el diapason, á medida que se aleja de estas pendientes. Así es, que á la escala de 1 : 10.000 para una inclinacion de 2 grados, la separacion de los trazos es de $\frac{1}{12}$ próximamente de la distancia entre las curvas, cuando solamente es de $\frac{1}{2}$ para los 30 grados de inclinacion.

El principio que se refiere al grueso de los trazos *en razon* de la rapidez de las pendientes combinado con el de su separacion *en razon inversa* de la misma cantidad, conduciria, si ambos principios se toman en todo su rigor matemático, á una proporcion de negro en la tinta, que creceria como el cuadrado de la inclinacion de las pendientes, ley segun la cual las llanuras quedarian débilmente espresadas, al paso que las montañas resultarian casi negras. El segundo principio, lo mismo que el primero, no es, pues, aplicable *más* que á una pequeña parte de la escala de tintas, como lo indica el informe de la comision, no pudiendo por lo tanto ser aplicado sino entendido de una manera general.

El diapason del Coronel Bonne, adoptado en el Depósito de la Guerra y consultado en todos los establecimientos que se ocupan de topografía, ha proporcionado un servicio real á esta ciencia, contribuyendo poderosamente á dar uniformidad á la carta de Francia. Con todo, como resulta

un poco pálido para las inclinaciones débiles y demasiado negro para las fuertes pendientes; y por otra parte, desde que fué puesto en práctica el espresado diapason, han sido ejecutados numerosos trabajos topográficos sobre terrenos sumamente variados en sus formas, los cuales han dado lugar á nuevas comparaciones; el Depósito de la Guerra, tomando por tipo los términos medios de un gran número de trabajos elegidos entre los mejores, procedentes ya de los ejecutados por oficiales, ya de las reducciones al 80.000 ó sea del grabado, y á partir de estos términos medios ligándolos por una ley de continuidad bien definida, ha hecho grabar el diapason de la lámina 18, el cual parece convenir lo mismo á las llanuras, que al país medianamente accidentado y á las montañas.

Para dar á este diapason toda la exactitud que debe tener, se ha principiado por calcular numéricamente tanto la separacion como el grueso de los trazos, segun las fórmulas que espondremos, habiendo sido ejecutado su grabado por medio de una punta de diamante en bruto, movida por una rosca micrométrica y sometida á una presion determinada. Tiradas sucesivas, hechas sin mover la plancha de cobre, han permitido medir por medio del microscopio, sobre las pruebas así obtenidas, el grueso y la separacion de los trazos, asegurándose en consecuencia continuamente de la regularidad del trabajo de la máquina. Los gruesos han sido obtenidos, para los trazos finos y medios, por una série de rayas finas justapuestas; para los

más gruesos, por una presion más fuerte egercida sobre el diamante, determinada por ensayos preliminares hechos al márgen, cuyas pruebas eran medidas al microscópio.

En el nuevo diapason, en vez de espresar las pendientes en grados, ha parecido más conforme al espíritu de la comision de 1828 y á la práctica seguida generalmente, el representarlas por la relacion de la altura á la base.

Es consiguiente, adoptada esta base de partida, que la espresion ó traduccion en grados de la série de pendientes que indica el diapason, no puede resultar en números redondos y que ha de envolver necesariamente fracciones de grado espresadas en minutos.

En nuestro concepto no es dudosa, sin embargo, la eleccion entre estos dos sistemas de anotacion, considerando que al enunciar en grados las pendientes solo se forma idea clara de su magnitud relativa, habiendo necesidad de recurrir á la relacion particular entre la base y altura equivalente, ó sea á su medida trigonométrica respectiva, para comprender en absoluto la índole y naturaleza determinada de cada pendiente.

Por otra parte, el procedimiento inverso, ó sea el determinar en grados la magnitud de una pendiente dada por la relacion entre su base y altura, es una operacion sencilla, puesto que, el denominador del quebrado que la esprese, reducido su numerador á la unidad, no es sino la cotangente de su inclinacion angular, valor que se deter-

mina inmediatamente por medio de las tablas naturales de líneas trigonométricas.

En este concepto, adoptamos desde luego la anotacion indicada, estableciendo no obstante esta facilidad la siguiente tabla, que contiene el valor en grados y minutos de las pendientes á que se refieren los diapasones que nos ocupan, en armonía con sus tintas sucesivas é intensidades relativas ó parciales.

TABLA DE EQUIVALENCIAS EN GRADOS.

Pendientes.	Grados y minutos.	Pendientes.	Grados y minutos.
$\frac{1}{1}$	45° »	$\frac{1}{9}$	6° 20′
$\frac{1}{1,5}$	33 41′	$\frac{1}{12}$	4 45
$\frac{1}{2}$	26 33	$\frac{1}{20}$	2 51
$\frac{1}{3}$	18 26	$\frac{1}{36}$	1 35
$\frac{1}{4}$	14 2	$\frac{1}{64}$	0 54
$\frac{1}{6}$	9 27	$\frac{1}{144}$	0 24

Se ha pensado tambien, que la *tinta*, esto es, la relacion del negro al blanco, era la cantidad que debia ser determinada desde luego como base, y por lo tanto bajo las condiciones más sencillas; 1.° porque al cambiar de escala la tinta, debe permanecer uniforme para una misma pendiente, mientras que en este caso el grueso de los

trazos es naturalmente variable; y 2.° porque la relacion entre los intervalos negros y blancos consecutivos formados por los trazos, es más fácil de apreciar que el grueso de una linea en medida lineal.

La tinta en el nuevo diapason, es pues proporcional á la pendiente y tiene por valor, la tangente que la representa multiplicada por (1,5).

Sea $\frac{1}{D}$ = la pendiente.

La tinta será $\frac{1}{D}(1,5) = \frac{3}{2D}$.

No pudiendo ser representado el intervalo de los trazos por la *razon inversa de la pendiente*, que no puede convenir al mismo tiempo á todas las inclinaciones, de la misma manera que se ha echado de ver en el empleo de la ley del *cuarto de su longitud*, era natural ensayar una espresion tal como la de

$$i = \frac{D}{m} + n$$

en la cual, m y n son dos constantes que pueden ser determinadas de tal manera, que el diapason satisfaga con exactitud á algunos puntos de la escala de pendiente. Un diapason ha sido construido segun esta ley, por el profesor de la escuela de aplicacion de Metz Mr. el Capitan de Ingenieros Livet, habiendo servido durante algun tiempo de guia á los alumnos en sus trabajos topográficos.

En el Depósito de la guerra se ha dado la preferencia á

la fórmula siguiente, que es igualmente sencilla, satisfaciendo mejor á todos los grados de la escala.

$$\text{Intervalo de los trazos de eje á eje} = i = \frac{\sqrt{D}}{m} + n,$$

en la cual i está espresada en milímetros, siendo m y n dos constantes determinadas por la esperiencia.

En los trabajos topográficos del Depósito de la Guerra, la equidistancia adoptada es de

$2^{m},5$ para la escala 1 : 10.000
5^{m} para la de 20.000
10^{m} para la de 40.000
20^{m} para la de 80.000

de donde resulta que esta cantidad crece en razon inversa de la escala de la carta, y que la *equidistancia gráfica*, esto es, la *equidistancia reducida á la escala*, es constante é igual á $\frac{1}{4}$ de milímetro (1) para todas las escalas.

Algunas veces en la práctica, por escepcion, se hace preciso suprimir las curvas de dos en dos en las pendientes rápidas y otras añadir curvas intercaladas en las inclinaciones débiles: mas la separacion y el grueso de los trazos es idéntico al que corresponderia, si las curvas no hubiesen sido suprimidas ó intercaladas, lo cual no puede inducir á error de pendiente, por verificarse esta modificacion en espacios parciales y limitados, que se notan fácilmente.

Si se espresa por d la distancia en milímetros que se-

(1) Algo menor que una milésima de pie, como hemos visto.

para dos curvas consecutivas, se tendrá $D = 4\,d$ y por consiguiente

$$\text{la tinta} = \frac{3}{8\,d}$$

$$\text{y el intervalo} = i = 2\,\frac{\sqrt{d}}{m} + n \text{ milímetros.}$$

El valor del grueso del trazo es más complicado: pues se determina por la espresion

$$\text{grueso} = \frac{3\sqrt{D} + 3\,m\,n}{3\,m + 2\,m\,D}.$$

Se obtiene tambien gráficamente el intervalo de los trazos entre dos curvas dadas, construyendo la fórmula

$$\frac{\sqrt{4\,d} + m\,n}{m} \text{ milímetros.}$$

Para la escala 1 : 10.000 vendrá á ser

$$\tfrac{1}{6}(\sqrt{4\,d} + 1^{\text{mm}},68.$$

La esperiencia, resultado de un gran número de dibujos ó planos grabados, ha conducido á adoptar para m y n los valores siguientes:

$$10.000 \ldots\ldots i = \frac{\sqrt{D}}{6} + 0^{\text{mm}},28$$

$$20.000 \ldots\ldots i = \frac{\sqrt{D}}{7} + 0^{\text{mm}},24$$

$$40.000 \ldots\ldots i = \frac{\sqrt{D}}{8} + 0^{\text{mm}},20$$

$$80.000 \ldots\ldots i = \frac{\sqrt{D}}{9} + 0^{\text{mm}},16;$$

m y *n* varian en progresion aritmética, á pesar de que la escala decrece en progresion geométrica.

Si continuásemos con todo rigor la ley precedente más allá de la escala de $\frac{1}{100.000}$, lo fino y la proximidad necesaria de los trazos vendria á ser tal, que los medios materiales de ejecucion no permitirian su empleo sinó muy difícilmente, aproximándose los dibujos al efecto de una delicada agua-tinta, así es que debe mirarse este diapason límite como aplicable á las escalas superiores, así como el correspondiente á $\frac{1}{10.000}$ á las inferiores.

En la lámina 18, se ha consignado la série de tintas graduadas, que espresa la intensidad relativa de las diferentes pendientes, con la mira de obtener un diapason que sirva de guia en los planos lavados al pincel con tinta de china ó sépia, ó para su reproduccion análoga, grabada ó litográfica.

Se comprende, que este sistema de aguadas destruye mucho menos la transparencia de los dibujos que el empleo de los trazos, dejando aparecer en toda su pureza la escritura, que es en los planos topográficos un objeto tan preferente como la misma espresion del relieve del terreno, y sus detalles tanto naturales como de arte y de cultivo. Procedimiento además que puede ser la base de otra manera de dibujo no menos geométrica y aplicable, puesto que permite estender al pincel las tintas indicadas para la magnitud de las pendientes, en los planos establecidos por medio de curvas de nivel, sin dejar de aparecer

estas esplícitamente, resultando sombreado el conjunto, segun la índole de sus zonas, que es en definitiva el fin que se pretende, para juzgar de pronto y sin fatiga ni prévio estudio de las líneas, de la forma general de las superficies representadas.

Otra circunstancia no menos interesante envuelve este sistema, y es que se presta igualmente al dibujo por imitacion, rápido y espresivo en los cróquis ó minutas militares, efectuados con pocos datos geométricos ó tal vez por simples reconocimientos á la vista, y siempre con escaso tiempo. En estos casos tan frecuentes en la guerra, pero escepcionales con respecto al dibujo considerado en abstracto, no existen datos geométricos que puedan perderse, pues los pocos de que se dispone no merecen realmente el nombre de tales, necesitándose precisamente dar una idea todo lo exacto posible de las configuraciones, cosa que no podria conseguirse con prontitud sin recurrir al pincel, el cual es sabido produce los efectos que se buscan desde el principio del trabajo, ó sean las primeras aguadas, pudiendo servir al objeto á que se destinan estos precipitados trabajos, desde luego y sin esperar á su conclusion por decirlo así artística, la cual puede hacerse, sin embargo, cuando el tiempo sea menos urgente.

Reasumiendo, vemos, que los alemanes haciendo uso de ciertas relaciones geométricas entre los ángulos ó las pendientes, han sido los primeros en constituir escalas

graduadas de tintas ó diapasones con destino á la representacion del terreno; pero queriendo dar una fuerte espresion á las superficies suaves y poco accidentadas que abundan en su país y que casi en general constituyen sus comarcas, han sujetado los trazos á una longitud uniforme, (lámina 16, figura 15), llegando de esta manera á un resultado espresivo y vistoso, pero á costa de la exactitud geométrica de los planos, puesto que por este procedimiento se sacrifica la indicacion esplícita de las curvas equidistantes verdaderas, tan necesarias para conocer la estension y altura á que se hallan del plano de comparacion, las zonas sucesivas en que se subdividen las superficies generales, dato precioso por sus condiciones geométricas y que á tanta costa se obtiene en los levantamientos topográficos.

Cierto es, que se ha tratado de paliar este grave inconveniente, recurriendo á la ingeniosa convencion de los trazos llamados característicos (figura 16) y aun á imitar (lámina 17) los diapasones franceses; pero conservando siempre los alemanes las relaciones primitivas de Lehmann, para dar mayor intensidad á las tintas en razon de la escasa elevacion indicada que constituye por lo general el relieve del suelo propiamente germánico, han adoptado además en general el negro absoluto para las pendientes de 45°, que consideran como un límite al que no puede alcanzar la topografía, resultando por lo tanto las combinaciones alemanas muy inferiores, fuera del caso particular espresado, á las de la lámina 18 empleadas en Francia,

y de todo punto inaplicables sus principios en un país como el nuestro.

Con respecto á Francia, el primer diapason del Coronel Bonne acotado en grados, fué construido de forma que las cantidades de negro contenidas en cada tinta, creciesen en la relacion de los senos de los ángulos de inclinacion de las pendientes que habian de representar, designando el negro absoluto por el seno de 90°, sin haberse indicado esplícitamente la ley á que habia de sujetarse la separacion relativa de los trazos.

La indicada relacion entre los senos de los ángulos de pendiente, tenia evidentemente por objeto el acrecer la intensidad de las tintas en las pendientes suaves; pero en realidad este aumento de espresion es apenas perceptible y no justifica suficientemente la preferencia que se ha dado á esta ley sobre las demás combinaciones geométricas.

El mismo Coronel Bonne, habiendo notado que su diapason era demasiado intenso para las pendientes de 45°, hizo grabar otro que se insertó en el tomo 4.° del *Memorial* francés del Depósito de la Guerra, pero estribando en los mismos principios que el primero. El negro está espresado por los $\frac{5}{7}$ solamente del valor del seno de inclinacion, pero resulta, que si bien el país montañoso aparece empleando estos diapasones menos duro é intenso, en cambio, las comarcas ligeramente onduladas que ya se presentaban demasiado débiles con los primeros, pierden casi su espresion con los últimos.

En la Escuela del Estado Mayor francés, á fin de aumentar las tintas en las pendientes débiles, se adoptó la ley de los $\frac{14}{15}$ de los senos de la doble inclinacion. Esta relacion, conveniente para espresar la topografía de una comarca ligeramente montuosa, conduce á tonos demasiado negros, aplicada á un país de montaña. Además, esta ley se hace incompatible con el principio de separacion al $\frac{1}{4}$ de los trazos seguido en esta Escuela, si aquella se ha de conservar en toda la estension de la escala. Partiendo en efecto, de estas dos bases y de la equidistancia gráfica igualmente adoptada, y proponiéndose calcular el espesor exacto del trazo para una inclinacion a designada, se encuentra la espresion

$$\text{grueso} = \frac{14}{15} \text{ sen. } 2a \frac{1}{2} \frac{\text{cot.}}{4} = \frac{7}{30} \cos.^2 a$$

segun la cual el trazo seria cada vez más grueso, conforme la inclinacion fuese más débil, resultado de todo punto inaceptable.

En el diapason del Jefe de Ingenieros Mr. Goulier, seguido en la Escuela de Metz, la relacion entre el negro y el blanco es igual á $1\frac{1}{2}$ la tangente de inclinacion, á la cual se han aproximado mucho los últimos diapasones (lámina 18) del Depósito de la Guerra. Las constantes de separacion de los trazos difieren en ambos notablemente, siendo á propósito, sin embargo, el diapason Goulier para los trabajos ejecutados con rapidez, pero no para los que exijen detenimiento y esmero.

A propósito de esta última consideracion, es oportuno observar que este no es precisamente un defecto, pues no debe ser impuesto un diapason único para todos los casos. Las constantes, deben evidentemente variar segun el objeto que nos propongamos, y ser determinadas en consonancia con el mismo. En campaña ha de dibujarse necesariamente con más libertad que en el gabinete; estos últimos trabajos han de ser inferiores en ejecucion á los de un dibujante de profesion, y aun estos á su vez, menos acabados que los que resulten definitivamente de una lámina grabada con todo el detenimiento debido.

La figura 19, lámina 17, espresa gráficamente la distribucion de las tintas en los diapasones ó escalas alemanas y francesas de que hemos hablado: fácil es ampliar la comparacion observando que los diapasones están figurados por líneas rectas ó curvas segun su índole, sirviendo de abscisa para obtenerlas el ángulo de inclinacion, siendo la ordenada la intensidad ó cantidad de tinta atribuida.

En la figura citada,

A representa el diapason del Depósito de la Guerra,

B el primer diapason del Coronel Bonne,

C el diapason antiguo de la Escuela de Estado Mayor,

D la escala alemana de tintas.

Se notará que el diapason *A* se separa poco del *B*, pero mejorándolo notablemente, puesto que aumenta de intensidad en las pendientes débiles donde el *B* resulta muy pá-

lido á la vez que la disminuye en las fuertes que, por la inversa, oscurecen demasiado.

Las soluciones espuestas para espresar la rapidez de las pendientes por la intensidad de las tintas, prueban lo difícil que es llegar á obtener á la vez con un solo diapason la espresion conveniente en las zonas llanas ó ligeramente onduladas y en las regiones medias ó montuosas, sin llegar al negro casi absoluto en el país de montaña.

En el diapason del Depósito de la guerra, lámina 18, se propuso Mr. Hossard repartir convenientemente los tonos, á partir de las pendientes más dulces que pueden espresarse, hasta las inclinaciones más fuertes, sirviendo de límite la de 45°, conservando aun en estas la trasparencia indispensable al dibujo y á la lectura de las escrituras; debiéndose convenir en que ha llenado admirablemente su objeto, sobre todo con relacion á la naturaleza de las zonas territoriales de la Francia, siendo de sentir que no se hubiera dispuesto de es te diapason desde el principio de la obra monumental de su gran carta, habiendo solo contribuido á la confeccion de las zonas de montaña.

La memoria citada de Mr. Hossard termina con varias consideraciones sobre el uso de los diapasones que juzgamos sumamente oportunas.

Si un diapason de trazos se emplease siguiendo con todo rigor sus tintas, se obtendria un dibujo frio y sin sufi-

ciente espresion en sus detalles; así es, que debe entenderse que el diapason, cualquiera que sea, tiene por objeto principal asegurar la uniformidad en el trabajo, sin escluir completamente la parte artística del dibujo, que ha de contribuir poderosamente á darle espresion y carácter.

El dibujante debe, pues, tomar el diapason como tipo para todas las pendientes intermedias de la region que dibuja, pero reservándose la facultad de suavizar un poco las mesetas y dar mayor vigor á las pendientes máximas, especialmente hácia las caidas á los valles, sobre todo cuando estas son limitadas y no pueden ofuscar el dibujo, ni los detalles de la planimetría, ni la escritura. La longitud diferente de los trazos que depende de la separacion de las curvas, se conserva en toda su pureza en los diapasones franceses, siendo suficiente para rectificar lo que pudiera haber de inexacto geométricamente, en esta ligera exageracion de algunas tintas, exageracion que se considera además encerrada entre límites muy precisos.

Será tambien conveniente, al dibujar los contrafuertes y los vértices de las montañas, dar alguna más intensidad que la que marque el diapason á las partes superiores del terreno, suavizando las partes bajas y principalmente el fondo de los valles.

Para terminar, solo haremos por nuestra parte una observacion, y es, que aunque parezca á primera vista enojoso y difícil usar en la práctica del dibujo estos diapasones, sucede todo lo contrario pues solo así se dispone

de un medio sencillo de ejecucion, á la par que exacto y seguro. Todo consiste en reflexionar que no es preciso seguir un diapason elegido trazo por trazo; recortado el papel que lo contiene segun el contorno inferior del mismo, quedan al canto las líneas que espresan la equidistancia y el final de los trazos. Con esta preparacion preliminar, se puede correr el diapason hasta ver qué equidistancia coincide con la separacion de las curvas en el punto que nos fijemos, y prolongar el trazo correspondiente, imitando su grueso y separacion si hiciésemos más de uno: bosquejado de esta manera en diferentes partes un dibujo, solo queda llenar estos intervalos por aproximacion, segun la índole de los trazos contiguos ó más próximos, dejando como se ha dicho, la conveniente libertad al dibujante.

DIAPASONES DE LA ACADEMIA DE INGENIEROS.

La influencia que ejerce la naturaleza topográfica de un país en la manera de representar la superficie del terreno es tan grande, que en España no hemos llegado aun á ponernos enteramente de acuerdo sobre un punto tan esencial é interesante.

La época, sin embargo, de empezar la publicacion del mapa topográfico de nuestra península, se aproxima, estando ya casi terminada con un acierto notable, la red geodésica que la abraza, y en este concepto, vamos á decir

algo sobre esta difícil cuestion, con la idea de acumular datos para su resolucion acertada el dia que se haga precisa.

De intento no hemos hablado nada hasta ahora sobre el estado de la representacion topográfica en España, porque hemos creido que debian preceder á esta esposicion los antecedentes que llevamos espuestos.

Lo mismo que los franceses, hemos adoptado en principio en nuestro Cuerpo, las escalas de sombras en relacion con las pendientes, nacidas en Alemania; pero así como en Francia ha habido necesidad de modificar tan profundamente sus bases, para hacerlas adaptables á su suelo, así tambien nos ha sido preciso á nosotros hacer variaciones notables en los diapasones, para que fuera aplicable esta manera de representacion del terreno á nuestras variadas comarcas.

Así es, que despues de algunos ensayos hechos siguiendo el método aleman, más bien en su forma aparente que en sus principios absolutos por haberse creido desde luego inaplicables, hemos acabado por abandonar este sistema recurriendo á ensayar los métodos franceses, segun los cuales, si bien modificados en parte, se ha enseñado el dibujo topográfico en nuestra Academia especial y practicado en el servicio del Cuerpo.

En dos secciones ha sido dividida la representacion topográfica, la una la que comprende las escalas de detall hasta la de $\frac{1}{10.000}$ y la otra desde esta en adelante. En la pri-

mera seccion, se ha seguido estrictamente la proyeccion de la superficie del terreno, por medio de sus secciones horizontales ó curvas de nivel equidistantes y acotadas, ó sea el método puramente geométrico; resultando así las que hemos llamado *minutas*, las cuales envuelven todos los datos relativos á la superficie que representan, y á no dudar, son su espresion más fiel, como hemos indicado en varias ocasiones al tratar detalladamente de su análisis.

La segunda seccion, que comprende las escalas topográficas desde $\frac{1}{10.000}$ en adelante, se ha considerado como una aplicacion de la primera, bajo condiciones diferentes: se ha supuesto esta seccion, destinada á usos enteramente prácticos, y por lo tanto se ha creido no solo conveniente sino indispensable, además de no perder en manera alguna, las condiciones geométricas de las minutas que se reducen á estas escalas, sombrear las superficies representadas de manera, que la vista abrace en conjunto y sin fatiga, tanto su forma general como los detalles, envolviéndo á la vez, como destinada á la generalidad, el caso en que no sea indispensable un análisis precisamente geométrico.

En esta seccion se comprende tambien el caso tan frecuente en la práctica de insuficiencia de datos geométricos en el levantamiento de los planos, en el cual viene á ser una mistificacion el empleo de curvas contínuas de nivel parodiando el sistema geométrico, induciendo al error consiguiente, al menos que las curvas no se establezcan interrumpidas para indicar la índole del trabajo; pero en

este caso es evidente, que los planos no pueden responder sino á usos particulares, que no arguyendo ciertamente conocimientos geométricos verdaderos, en las personas que han de consultarlos, se hace preciso dibujarlos si han de ser realmente útiles, presentando ciertas condiciones de apariencia ó de relieve.

No es dudoso, que si los conocimientos necesarios fuesen generales, el método puramente geométrico de representacion de la superficie del terreno, seria preferible en muchos conceptos á cualquier otro; pero esto seria lo mismo que suponer á todos en disposicion de redactar un plano, cuando realmente de lo que se trata de ordinario es de hacer su lectura comprensible al mayor número, en relacion á su instruccion respectiva.

Y hé aqui demostrada, tratando la cuestion topográfica en general, la necesidad de recurrir fuera de casos escepcionales á la representacion por *efecto* de la superficie del terreno, tanto más que es sabido, que aun en las minutas geométricas es la más veces indispensable sombrearlas por medio de aguadas, para poder comparar sus pendientes en conjunto, sin tener que analizar una por una sus múltiples y variadas curvas.

Bajo el influjo de estas ideas, se ha adoptado en nuestro Cuerpo desde muy antiguo, la espresion de la superficie del terreno por medio de trazos, cuando los dibujos se efectuaban á la pluma, y empleado el pincel ó la aguada en los croquis militares, esceptuándose como es natural

los casos de proyecto, tan frecuentes en nuestro servicio, en que es de todo punto indispensable recurrir á la formacion de minutas esencialmente geométricas.

Se comprende bien, que aceptado este principio era preciso para obtener regularidad en los trabajos, y sobre todo la precisa uniformidad entre las partes de uno mismo hechas por manos diferentes, emplear las escalas graduadas de tintas segun la índole de las pendientes.

Desechadas las escalas alemanas por demasiado intensas, se pensó en los diapasones franceses, aceptando sus bases como más adaptables á las condiciones especiales de nuestro suelo, si bien reservándose el hacer en ellos las oportunas modificaciones.

Así es como han sido empleados en el Cuerpo, los diapasones del Coronel D. Antonio Sanchez Osorio, que acompañan la notable y completa Instruccion sobre el dibujo en general, que se sigue en nuestra Academia, redactada cuando fué profesor de esta enseñanza.

Transcribimos á continuacion algunos párrafos de la Instruccion indicada, haciendo abstraccion de las láminas.

Para marcar los trazos en el dibujo topográfico de pluma, es preciso una escala de tintas para cada uno de los planos, que pueda servir de norma para saber la intensidad de tinta que á cada pendiente corresponde.

Están construidas para las escalas de $\frac{1}{10.000}$, $\frac{1}{20.000}$, $\frac{1}{50.000}$, y $\frac{1}{100.000}$ que son las empleadas entre los límites

$\frac{1}{10.000}$ desde la que se admite el uso de los trazos, y $\frac{1}{100.000}$ que es la menor escala en que puede ser fácil la ejecucion de estos.

Estos diapasones están formados, tomando por base los adoptados en Francia, é ideados por el Coronel Bonne: se han variado, sin embargo, los grados de las pendientes por referirse al sistema decimal.

Las escalas de equidistancia se han dividido de 5 en 5 pies hasta la de 20 para la escala de $\frac{1}{10.000}$, hasta 30 para la de $\frac{1}{20.000}$, hasta 50 para la de $\frac{1}{50.000}$ y hasta 100 para la de $\frac{1}{100.000}$, que son las mayores distancias á que deben suponerse los planos horizontales que determinan las curvas de nivel.

Las pendientes formadas por el terreno se dividen en dos clases: la una comprende hasta los 45°, y la otra las inclinaciones restantes que se consideran como escarpados.

Los diapasones no abrazan sino la primera série de pendientes, pues si se ampliasen á la segunda siguiendo la misma ley, se confundirían los trazos formando una tinta negra. Para evitar este inconveniente se emplean, para representar los escarpados cuando son de piedra, trazos cortos paralelos á las curvas de nivel, uniéndolos y aumentando su grueso á proporcion que aquellos son más inaccesibles: si los escarpados fuesen de tierra se espresarán por pequeños trazos normales á las curvas, todo lo unido posible.

Al aplicar estos diapasones á las pendientes suaves,

seria muy difícil ejecutar con la pluma los trazos á causa de su finura; pero en este caso se reemplazan por líneas más gruesas trazadas con tinta clara, de modo que la intensidad de la pendiente sea la que le corresponda.

Tambien puede admitirse en los trabajos verificados en escalas pequeñas, el diapason perteneciente á una escala mayor, pues el efecto en conjunto siempre será el mismo; pero en este caso es preciso reemplazar las escalas de equidistancia gráfica del diapason que se emplee, por las que correspondan segun la escala del plano.

En campaña, hay que ejecutar con premura planos ó croquis; en este caso pueden marcarse los trazos de lápiz, ó figurar el relieve con aguadas de tinta de china al pincel, para lo cual es necesario suponer transformados estos diapasones de trazos en escalas de tintas uniformes.

Por esta razon se han formado los pertenecientes á las escalas de $\frac{1}{2.000}$ y $\frac{1}{5.000}$ que son en las que deberán efectuarse los mencionados trabajos.

En el diapason destinado á la escala $\frac{1}{2.000}$ la equidistancia alcanza hasta 40 pies subdividida de cinco en cinco, llegando para la escala $\frac{1}{5.000}$ á 50 pies subdivididos de 10 en 10.

Cuando hayan de emplearse estos diapasones en el lavado de un plano, se marcarán las curvas de nivel con tinta parda para que no la disuelva el pincel, y se estenderán aguadas de tinta de china ó sépia hasta igualar las que correspondan á cada pendiente, segun el diapason.

No se proscribe la ejecucion de croquis militares de tinta, sepia ó colorido por el sistema de imitacion de la naturaleza, pero el relieve del terreno será precisamente espresado por la intensidad de las tintas en relacion á las pendientes del plano, y los objetos que comprende por su proyeccion estricta.

En todo caso se distinguirán por medio de los colores convencionales que marca la instruccion, las construcciones, las aguas y las clases de vejetacion natural ó de cultivo.

No pasaremos más adelante en esta esposicion que además es bien conocida; hemos visto los inconvenientes que envuelve la ley establecida por el Coronel Bonne para sus diapasones, seguida con ligeras modificaciones en los nuestros, y notado sobre todo su esceso de intensidad para las fuertes pendientes; además haremos observar que no están ya en armonía con el sistema métrico decimal ordenado, los diapasones del Coronel Osorio.

Resulta, pues, por esta doble razon, que es necesario en nuestro Cuerpo, ó cambiar de sistema empleando solo en los planos, para espresar el relieve del terreno, las curvas de nivel, ya sean reales ó ficticias, contínuas ó interrumpidas, ó formar nuevos diapasones de trazos y de tintas.

Por las razones espuestas anteriormente, y por otras que iremos desenvolviendo, no somos de opinion que se cambie de sistema.

Parece al pronto que se introduce facilidad en el dibujo topográfico al emplear arbitrariamente el método de curvas interrumpidas, (lámina 10); pero es necesario observar, que además de la proligidad artística que envuelve en sí este género de dibujo que constituye realmente una especialidad, tiene el inconveniente de que solo es aplicable á los croquis, en que apenas hay datos geométricos que consignar, é importa poco, por lo tanto, la vaguedad de espresion consiguiente.

Si por otra parte observamos la multitud de líneas que son necesarias para dar realce á los planos dibujados de esta manera, si reparamos en que el efecto no puede obtenerse sin cambiar convenientemente el grueso y separacion de los trozos de curva empleados, vendremos á deducir que aun en el caso de independencia absoluta, es más breve y sencillo el dibujo por trazos ó sea por las líneas de máxima pendiente de las superficies solo sujeto á la ley de normalidad á las curvas supuestas, y á la de mayor finura y separacion para las pendientes pequeñas, ó sea haciendo los trazos más unidos y más gruesos, conforme crecen las inclinaciones

No es, sin embargo, precisamente este caso el que debemos analizar, ni tampoco el que por la inversa se refiere á minutas puramente geométricas, pues se ve que ambos son en su clase escepcionales, debemos referirnos esencialmente á los planos en general, teniendo en cuenta la manera como realmente se levantan.

Sabido es, que en todo trabajo topográfico se empieza por determinar su planimetría, comprendiendo en esto las líneas de aguas y sus divisorias tal cual están efectivamente constituidas por la forma del terreno, contentándonos por lo regular, con relacion á su relieve, con determinar cierto número de puntos de nivel en armonía con los cambios más notables de pendiente, los cuales unidos por rectas divididas por medio de escalas trigonométricas apropiadas, son suficientes para determinar los puntos de paso de las curvas de nivel, que han de definir las superficies, quedando siempre acotados en el plano estos puntos matrices.

Supuesta esta confeccion general en los planos, y dado el caso de dar realce á su relieve, no dudamos en consignar que lo más conducente al efecto, al mismo tiempo que fácil y geométrico, es completarlos trazando las líneas de máxima pendiente de las superficies comprendidas, ya que las líneas de mínima pendiente aparecen esplícitas por medio de la interrupcion de los trazos en las curvas de nivel respectivas.

Solo así pueden quedar tambien gráficamente definidas las diferencias entre las minutas geométricas, los planos topográficos definitivos y los croquis preliminares.

Esto supuesto, se presenta con claridad la cuestion de diapasones: en nuestro concepto, no es dudoso que nos es preciso en la actualidad cambiar los del Coronel Osorio,

empleados hasta ahora, por los del Coronel Hossard, seguidos en el Depósito de la guerra francés y aplicados con verdadero éxito en la terminacion de la carta de Francia.

No aceptamos la susceptibilidad de no ser españolas estas escalas de tintas; la ciencia no tiene pátria.

Los referidos diapasones franceses, se adaptan desde luego á la série de escalas topográficas que hemos indicado como la más conveniente, se refieren á equidistancias bien estudiadas y sobre todo presentan sus tintas toda la elasticidad conveniente, pues en número de doce se prestan en último término á dar más ó menos intensidad ó espresion á los planos, con solo suponer se corren á derecha ó izquierda, las fracciones que indican las pendientes y las equidistancias respectivas.

APLICACION GENERAL.

Despues de las teorías espuestas, parece consiguiente terminar esta segunda parte con una muestra práctica de las consecuencias que hemos deducido.

Se ha visto claramente en lo que precede, que nuestro objeto principal ha sido no solo establecer las bases del dibujo geométrico, sino el dar completa uniformidad á este ramo tan importante en sí, como enojoso en sus procedimientos.

Por eso hemos tratado ante todo, de obtener la uniformidad en el dibujo para toda clase de planos, ya sean topográficos, de máquinas ó artefactos, de adorno y arquitectura, y finalmente, los relativos á la artillería y los de fortificacion esclusivos á nuestra carrera.

La primera base que hemos creido oportuno sentar, ha sido la de espresion puramente geométrica de las superficies, á partir del sistema de acotaciones, por creer que entre los sistemas de proyeccion, es el que mejor se adapta á las exigencias de la práctica, relegando el hortogonal en razon de su doble proyeccion gráfica, como solo conveniente por su limitacion, al estudio de los principios de la geometría descriptiva y á la esposicion de detalles.

Hemos erigido además en principio, para dar realce y relieve aparente á las superficies descritas, en los casos que esto sea conveniente ó necesario, la adopcion precisa y terminante para todos los casos, de la luz perpendicular al plano del dibujo, que exime de la determinacion de las sombras arojadas, que tan difíciles son de consignar con exactitud y que á tantos errores pueden conducir si carecen de esta circunstancia.

Esta doble innovacion, no nos disimulamos que puede llevar á la duda respecto de la bondad del cambio radical que intentamos, y por eso no podemos dispensarnos de presentar ejemplos prácticos en armonía con nuestras ideas, pues siendo cuestion principalmente de percepcion

ocular la que proponemos, solo así podrá decidirse el entendimiento por el sistema mejor, comparando las diferencias.

DIBUJO TOPOGRÁFICO.

Vamos á empezar nuestra esposicion por este género de dibujo al que se refieren las láminas desde la 19 á la 23, que comprenden las verdaderas escalas topográficas que hemos propuesto en la primera parte y que suponemos adoptadas.

La lámina 19 y la mitad en cada una de las 21, 22 y 23 se refieren al dibujo propiamente geométrico, ó sea el de minutas.

Sus escalas respectivas son $\frac{1}{10.000}$, $\frac{1}{20.000}$, $\frac{1}{40.000}$ y $\frac{1}{80.000}$.

Las equidistancias entre las secciones de nivel que producen las curvas dibujadas, son analogámente de 2,50, 5, 10 y 20 metros, las mismas á que se refieren los diapasones franceses del Depósito de la Guerra. Las líneas de aguas se han marcado esplícitamente, habiéndose suprimido todos los demás detalles topográficos para mayor claridad en la definicion de la superficie del terreno, y por estar aquellos fuera de nuestro principal objeto.

Las curvas de nivel, á partir de los puntos más altos que comprenden las minutas, y que pertenecen á cuatro veces la equidistancia adoptada para cada una de las esca-

las, se han reforzado, en razon del realce que produce esto en el dibujo y lo que facilita el análisis, procedimiento seguido generalmente y que inicia la necesidad de hacer algo aun en las minutas, que ayude á deslindar su conjunto, clasificando por grupos las líneas ó zonas proyectadas.

Las cotas principales de altura que se suponen cuidadosamente niveladas, se hallan espresadas numéricamente en las minutas, pero no así las que suponemos se refieren á las divisorias de aguas y á los cambios de pendiente de las superficies, que pertenecen á los detalles del levantamiento de los planos, y que se consideran embebidas por decirlo así, en las curvas resultantes.

Con respecto á la definicion de las líneas notables, indicaremos como ejemplos, la arista viva que en la minuta $\frac{1}{10.000}$ resulta en la estribacion inferior derecha, por efecto del batir del rio en las crecidas, y que produce una ceja ó terrera escarpada; arista que se hace notar por algunos trazos en direccion horizontal intercalados entre las curvas verdaderas. Esta ceja se reproduce en la minuta siguiente que es la reduccion á la escala $\frac{1}{20.000}$ de la anterior. Igualmente se observan en las mesetas y estribaciones de la lámina 23, trazadas de puntos, las cúspides aisladas y sus mútuas intersecciones que desaparecen del dibujo, por quedar entre dos curvas al efectuar la reduccion de la lámina 22, en razon del cambio de equidistancia, y que como se advierte, no es posible dejar de consignar por su respectiva importancia.

Claro es que así como se ha adoptado generalmente el reforzar algunas curvas de las minutas, es altamente conducente al objeto de hacer aparecer el relieve con claridad, el suponer sombreados los planos por medio de aguadas, cuya intensidad (lámina 18) esté en relacion con las pendientes determinadas por las curvas de nivel, puesto que estas nada pueden sufrir con este procedimiento, ni tampoco los detalles topográficos ni la escritura correspondiente.

Este complemento, se hace además indispensable en muchas ocasiones por la índole especial de la superficie del terreno, y sobre todo en las escalas pequeñas en que como en la lámina 22, resulta complicado y enojoso el análisis.

De todo lo espuesto, se sigue una consecuencia innegable, y es que si ya se hace sentir la necesidad de ciertos efectos inherentes al dibujo y que nada tienen que ver con la proyeccion geométrica, aun en las minutas destinadas esclusivamente á objetos, por decirlo así, científicos peculiares ú hombres de carrera, con cuánta más razon será imprescindible el acrecer estas condiciones de visualidad cuando los planos topográficos se destinen á usos generales, envolviendo implícitamente la idea de que sean utilizados en diferentes conceptos, y comprendidos sin más auxilio que los conocimientos vulgares.

Así es como se llega á lo que propiamente se entiende por dibujo topográfico.

El objeto de este dibujo, es, á no dudar, el hacer apa-

recer á la vista el relieve de las superficies representadas, sin perder antes realzando, las condiciones geométricas de los planos.

En nuestro concepto, ningun método se presta mejor á este fin, ni con más fácilidad que el de trazos, por la seguridad que envuelve en sí el empleo de diapasones de tintas, de la manera franca que hemos indicado.

Cualquiera otro sistema que empleemos al efecto, resulta menos claro y de ejecucion más complicada; lo primero, porque el trabajo adicional que se emplea en la ejecucion de los trazos, conduce á completar en las superficies con sus líneas de curvatura en sentido vertical, á partir de las líneas de curvatura horizontal ya establecidas; y lo segundo, porque en ningun caso podemos dispensarnos de la ley general de dibujo, de armonizar el grueso de las líneas cualesquiera que sean las que se empleen para producir relieve, de manera que los efectos débiles se obtengan por medio de trazos finos y separados, engruesándolos y reuniéndolos á medida que crecen los tonos; análogamente á lo que se ejecuta en el dibujo de aguada, en el cual solo toman estension las tintas claras, recogiéndolas sucesivamente conforme van aumentando las intensidades.

Se comprende bien al examinar los planos que presentamos, la gran diferencia que resultaria en sus condiciones de ejecucion y aspecto, si los trazos en sentido vertical empleados para espresar el relieve, se convirtiesen en trozos de curva intercalados entre las horizontales matrices,

siguiendo como era indispensable con respecto á su grueso, la ley de separacion de estas últimas; pues es sabido la dificultad que se presenta en las minutas cuando el efecto se trata de producir por el medio de reformar correlativamente las curvas contínuas, en razon de estrecharse más, justamente en los espacios que deben ser más gruesas, y donde las más de las veces es indispensable hasta dejar de continuar las curvas de nivel, por finas que se las suponga, para que no se confundan.

En las láminas 20, 21, 22 y 23, ofrecemos un ejemplo de la aplicacion á todas las escalas de los diapasones del Depósito de la Guerra francés, y que por nuestra parte no dudamos aceptar como base del dibujo topográfico.

Aprovechando una de nuestras estancias en París, encargamos la ejecucion esmerada de esta aplicacion de los diapasones Hossard, á Mr. Chartier, distinguido empleado del Depósito de la Guerra, cuyos dibujos fueron autorizados con la firma del Director, Coronel Blondel, á quien citamos con reconocimiento.

La lámina 23, comprende un notable busto dibujado segun el sistema topográfico por el mismo Mr. Chartier y publicado en su cartilla de dibujo; modelo que no dudamos en reproducir, porque difícilmente se podrá ofrecer un ejemplo más comprensible á la generalidad, de la manera y condiciones del sistema de representacion geométrica que nos ocupa.

Los referidos diapasones y dibujos, han sido reprodu-

cidos todo lo fielmente que permite el grabado en piedra, que hemos empleado al efecto.

Se recordará que la principal alteracion introducida por los diapasones del Coronel Hossard en los antiguos, es la de aumentar el efecto en las pendientes suaves disminuyendo á la vez el de las fuertes, segun se espresa gráficamente en la figura de comparacion (figura 19, lámina 17). Esta circunstancia permite el hacer la reproduccion de los planos dibujados por su medio, empleando tintas de color, sin que disminuya notablemente la espresion ó vigor de los mismos: observacion que tiene gran interés, puesto que conduce sin inconvenientes al empleo de la cromolitografía, cuyo procedimiento bien manejado, produce gran claridad en las descripciones ó planos topográficos.

Como ejemplo, presentamos algunas láminas por este sistema, habiendo empleado la sépia natural al efecto, como color más permanente, al mismo tiempo que se aproxima al general de las tierras.

Si al tratar de la reproduccion de un plano topográfico se dividiese el trabajo en dos partes, la una comprensiva de la planimetría y la otra del relievé, creemos que se llegaria á resultados muy satisfactorios. La primera podria comprender las aguas, las comunicaciones, los contornos de los lugares habitados, las obras de arte y las generalidades de cultivo, adicionada con las cotas y las escrituras, cosas que por su índole especial no pueden confundirse entre sí, y

que por lo mismo podrian ser espresados con un mismo color, que suponemos sea el negro: quedaria, por lo tanto, la otra seccion reducida simplemente á la parte de relieve, establecido sobre un reporte ó sea un calco exacto de la primera, pudiéndose emplear la sépia para su reproduccion.

Es cierto, que habria necesidad de hacer una doble tirada para obtener la estampacion de un mismo plano, pero reducido á estos límites el procedimiento artístico, no es de gran embarazo, y muy pequeño el inconveniente, si se compara con el resultado de claridad que puede obtenerse, y con la ventaja de llevar á cabo el trabajo gráfico así subdividido, por las respectivas especialidades en estos distintos géneros de grabado, cuales son el delineado y los detalles topográficos, la escritura, y últimamente los trazos ó el relieve.

No disimularemos que por nuestra parte propondríamós, se hiciera de este modo la publicacion en la escala de $\frac{1}{80.000}$ del plano topográfico de España, pues no pensamos que la uniformidad entre las partes coloreadas, necesaria para unir sin discontinuidad varias hojas, pueda ofrecer sérias dificultades, tratándose de una sola tinta, y esta en sus condiciones naturales.

Para concluir la seccion topográfica, así como en la lámina 19 hemos presentado como uno de los límites una minuta puramente geométrica, con respecto al relieve del terreno que comprende, así tambien ofrecemos en la lámina 24 un cróquis militar que puede ser ejecutado al pin-

cel con tinta de china, sépia ó colorido, y en último término al lápiz ó al difumino, sin que obste para ser comprendido en sus rasgos generales el mayor ó menor grado de acabado ó perfeccion en el dibujo, cosa importante en los casos tan frecuentes en la guerra, en que el tiempo se cuenta por minutos.

Máquinas.

Como prueba de que la ley de perpendicularidad de luz propuesta para todo género de dibujos, es aplicable en el de máquinas con las mismas ventajas enunciadas, hemos elegido el engranaje cónico que ofrecemos en la lámina 25, en lo cual se echará de ver que no hemos tratado de huir ninguna de las complicaciones que pueda ofrecer esta manera de dibujo, resultando, sin embargo, una imágen clara y definida á pesar de carecer de sombras arrojadas.

Adorno.

Igualmente aplicables son los principios espuestos al caso á que se refiere la lámina 26, la cual presenta en nuestro concepto suficiente número de combinaciones, para poder juzgar con acierto de la simplificacion que introduce sin dañar al efecto necesario, el mismo sencillo procedimiento.

Arquitectura.

La lámina 27, que representa una torre fortificada con foso, aspilleras y matacanes, propia para defenderse una

corta guarnicion contra fusilería numerosa, puede servir de ejemplo de este género de dibujo en los cortes y vistas de los planos referentes á la arquitectura, no dejando duda alguna de la armonía introducida entre la manera de proyeccion y la determinacion de las sombras que le son propias con arreglo al principio de luz perpendicular, sin que se pierdan en manera alguna los efectos, á pesar de la sencillez con que se presentan.

Artillería.

Hemos hecho grabada la lámina 28 que se refiere á un carruaje de batalla, tanto por cambiar de género como para poder espresar un sinnúmero de detalles con lo correcto de la delineacion, y sin el auxilio de los colores convencionales. Este dibujo ofrece la particularidad de que la mayoría de las superficies que comprende son planas y paralelas; sin embargo, se notará que se destacan sin confusion unas de otras, en razon de haberse admitido los efectos de la perspectiva aérea en este caso, ó lo que es lo mismo, se ha supuesto el punto de vista para las sombras á una distancia finita, con lo cual los planos que están delante han de aparecer más claros y presentar el conjunto los naturales contrastes.

Fortificacion.

La lámina 29 presenta la planta de un fuerte avanzado, ó más bien una gran batería permanente bajo la proteccion

de otras obras á la espalda; la parte izquierda se refiere á las mamposterías, presentadas en dos pisos, ó sea cortadas respectivamente por dos planos horizontales á diferente altura, para indicar las bóvedas bajas y las casamatas altas del cuartel defensivo: á la derecha se ha supuesto el fuerte terminado, con la adicion de los macizos de tierra destinados á cubrir totalmente las mamposterías de los fuegos del esterior, sin dejar al descubierto más que las cúpulas de hierro giratorias, que se situan al nivel de la cresta ó línea de fuegos inferior, que termina lateralmente con una gran barbeta, resguardada por la batería alta casamatada.

Damos aquí por terminada la segunda parte de nuestro escrito, que es sin duda la más interesante, tanto por su contenido cuanto por las tendencias que manifiesta, y que realmente son el punto objetivo á donde nos dirigíamos al esponer los preliminares que forman la primera, viniendo, por lo tanto, á constituir un complemento la tercera parte de que vamos á ocuparnos.

Fig. 1.

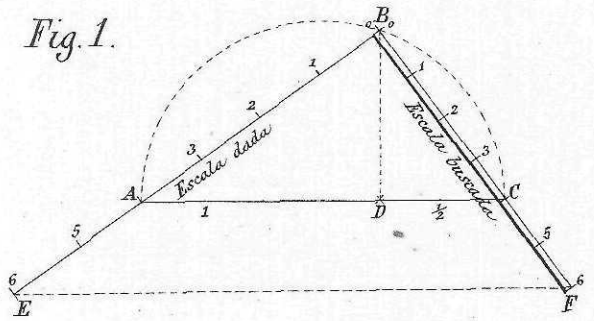


Fig. 2.

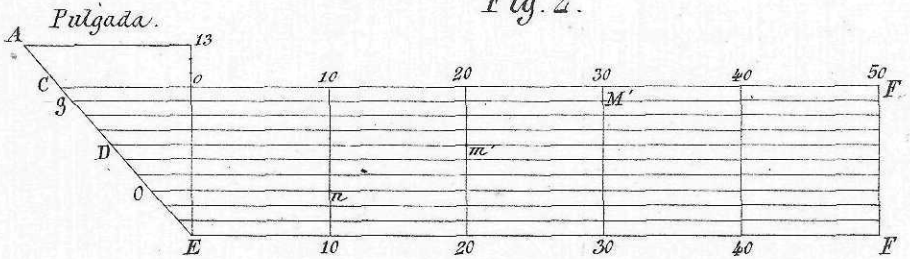


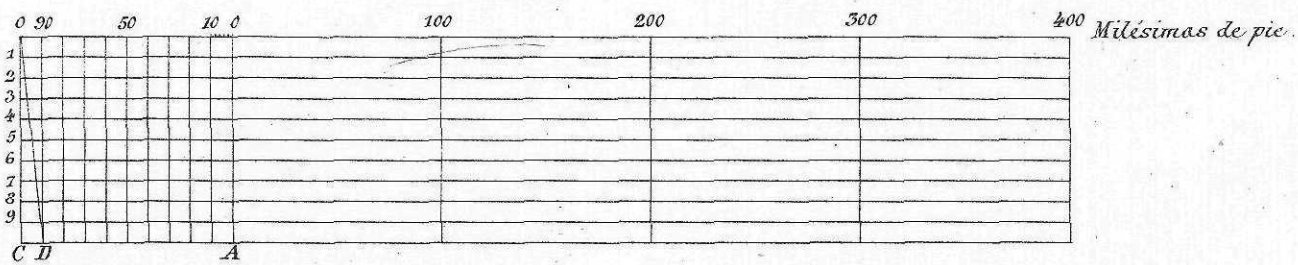
Fig. 3.

Denominaciones abstractas en pulgadas.	Escalas.	Denominacion usual.
1/10.	0 5 10 20	1 pulg. por 10 pulgadas.
1/1200.	0 10 50 100 200	1 pulg. por 100 pies.
1/3600.	0 50 100 200 300 600	1 pulg. por 100 varas.
1/7200.	0 100 400 600 1200	1 pulg. por 200 varas.

Fig. 4.

Denominaciones abstractas en pulgadas.	Escalas.	Denominacion usual.
1/120000.	0 100 5000 10000 20000	6 leguas por pie.
1/240000.	0 5000 20000 40000	12 leguas por pie.
1/480000.	0 5000 40000 80000	24 leguas por pie.
1/960000.	0 10000 80000 160000	48 leguas por pie.

Fig. 5.



Grabado por J. Pajares.

Fig. 6.

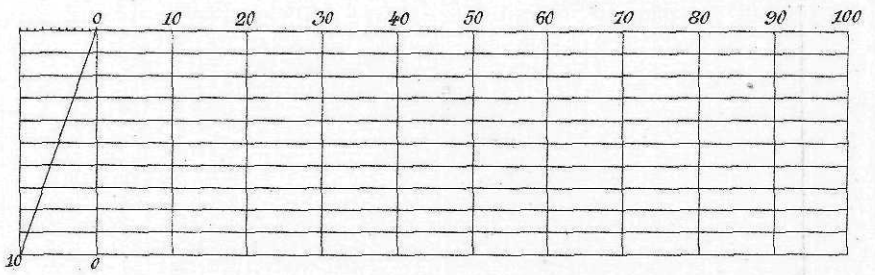


Fig. 7.

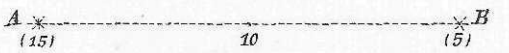


Fig. 8.

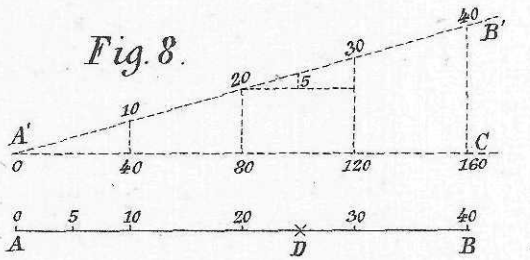


Fig. 9.

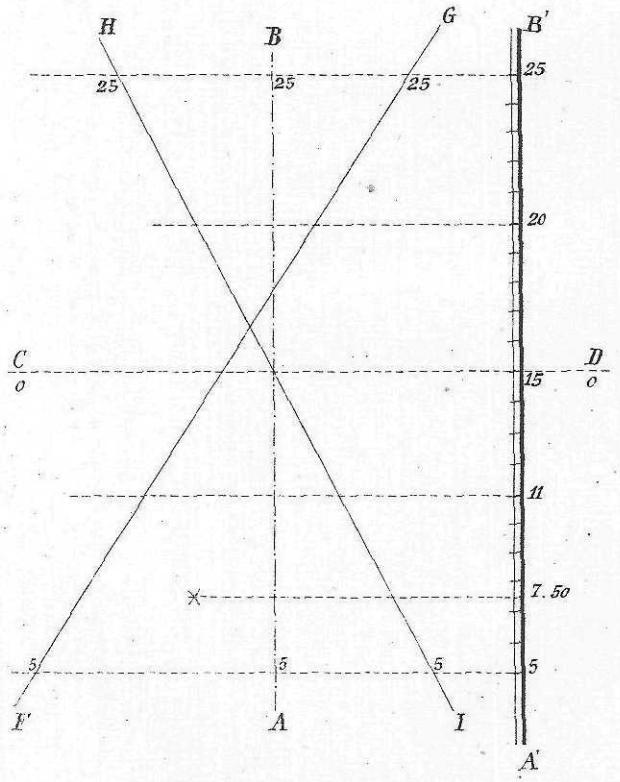


Fig. 10.

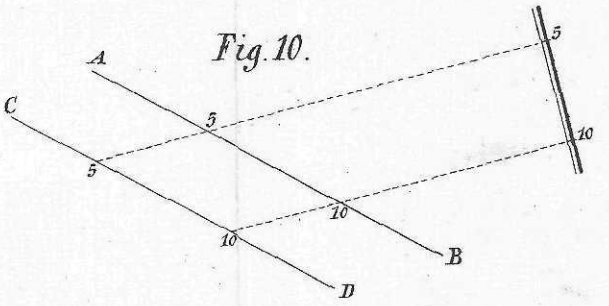


Fig. 11.

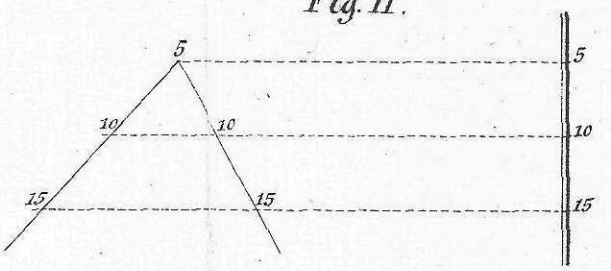


Fig. 12.

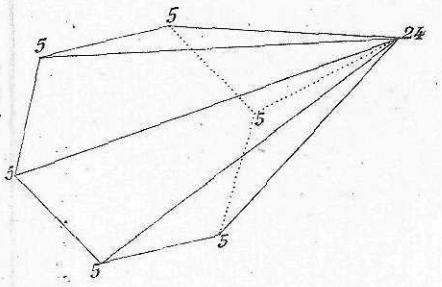


Fig. 13.

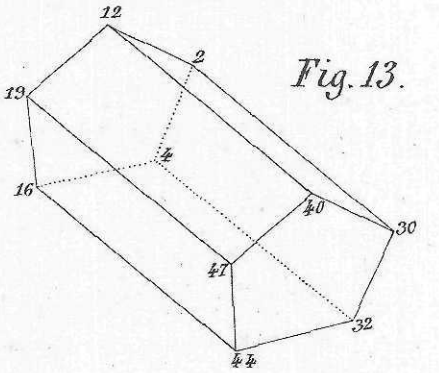
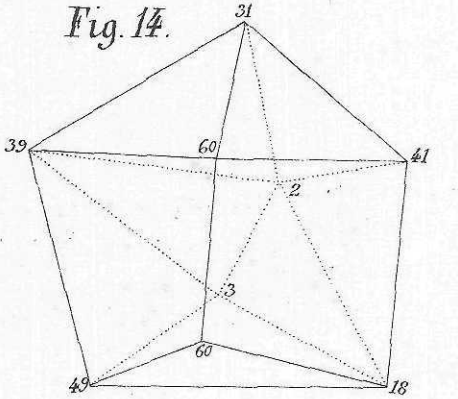
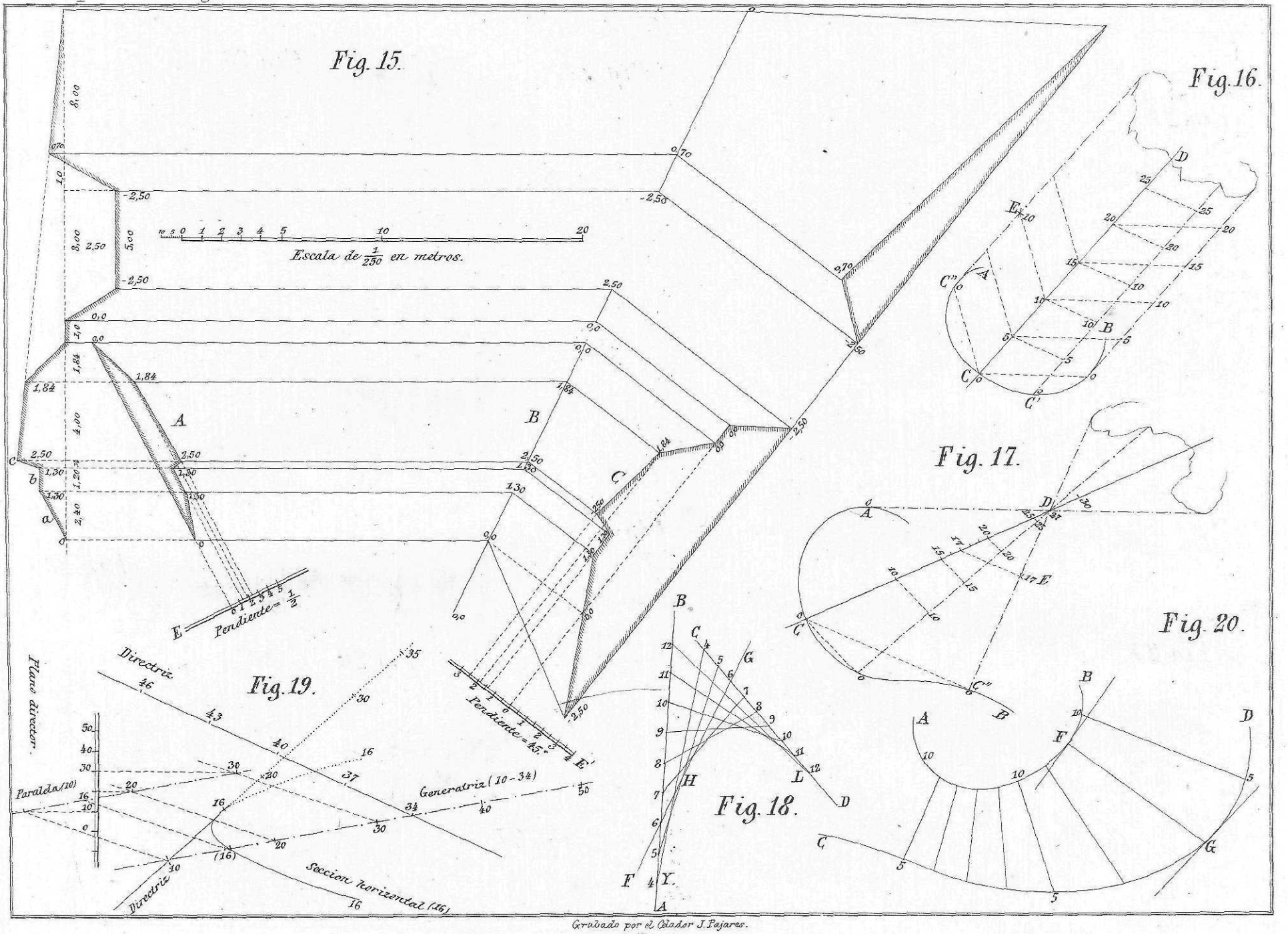


Fig. 14.



Grabado por J. Pajares.



Grabado por el Celador J. Pajares.

Fig. 21.

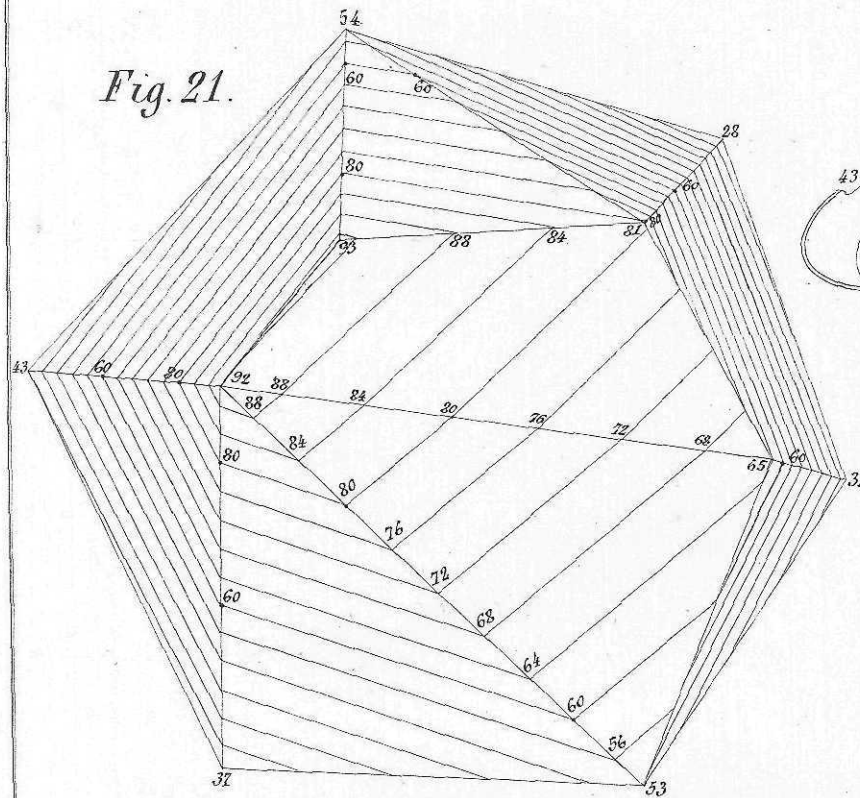


Fig. 22.

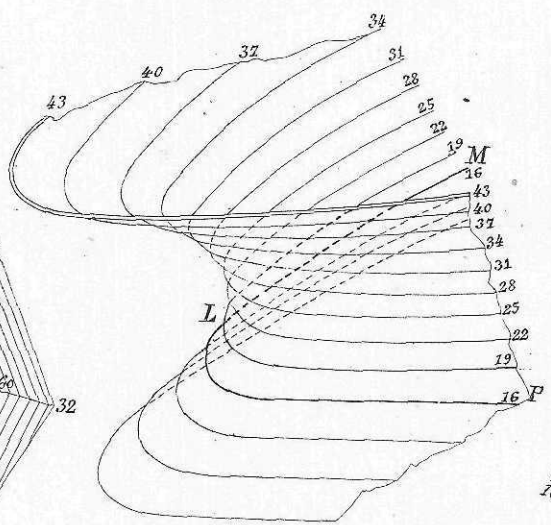


Fig. 23.

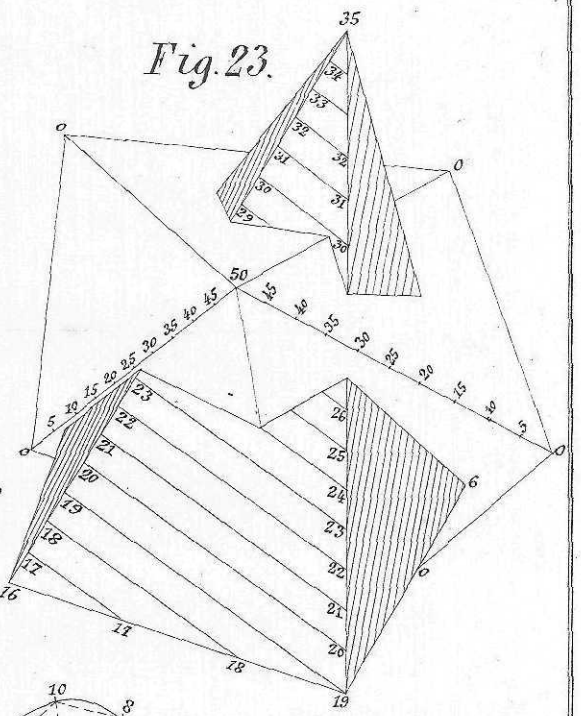


Fig. 24.

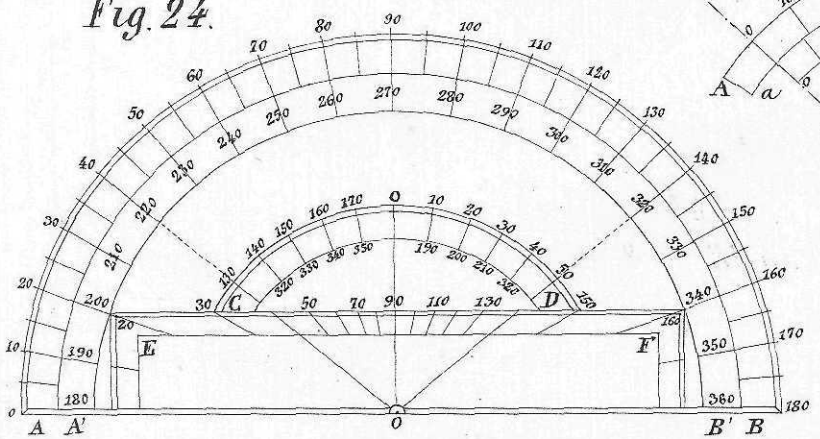


Fig. 25.

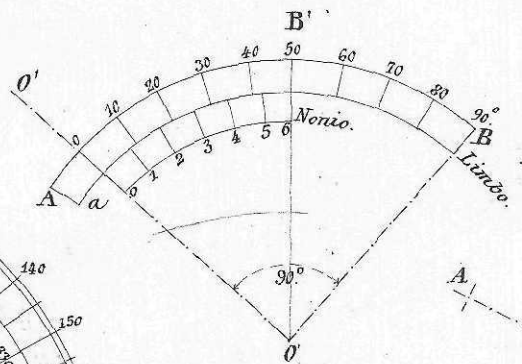


Fig. 28.

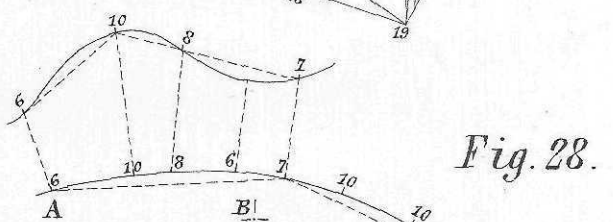


Fig. 26.

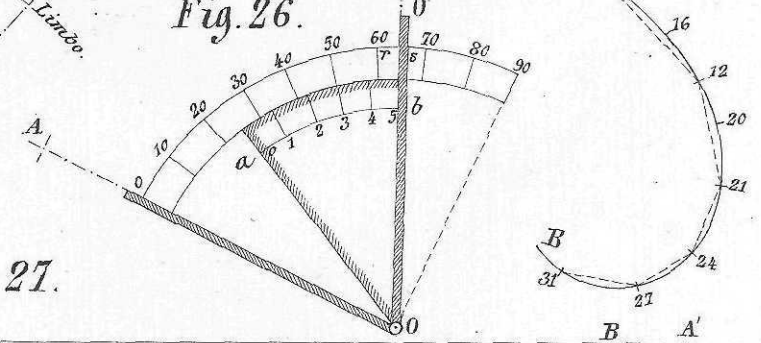
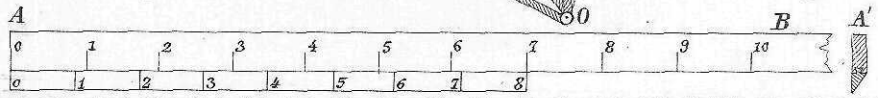


Fig. 27.



Grab.s por el Celador de fortific.n J. Pajares.

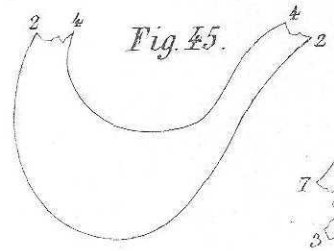


Fig. 45.

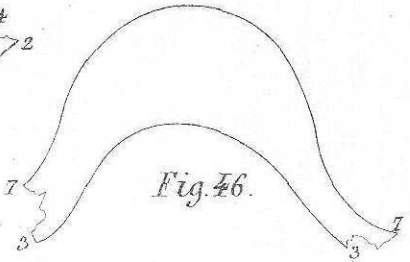


Fig. 46.

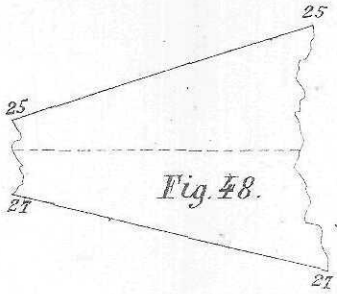


Fig. 48.

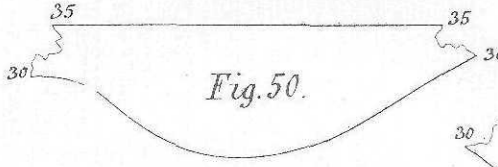


Fig. 50.

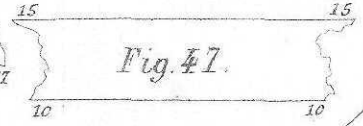


Fig. 47.

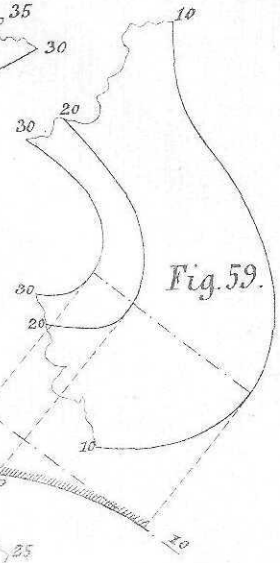


Fig. 59.

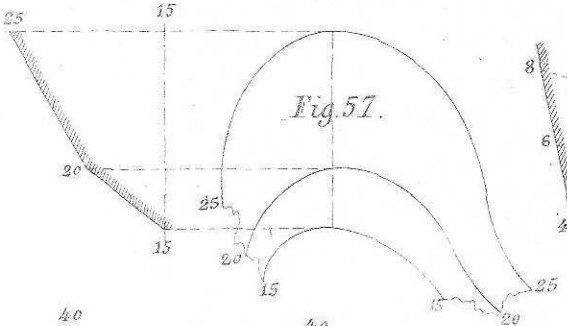


Fig. 57.

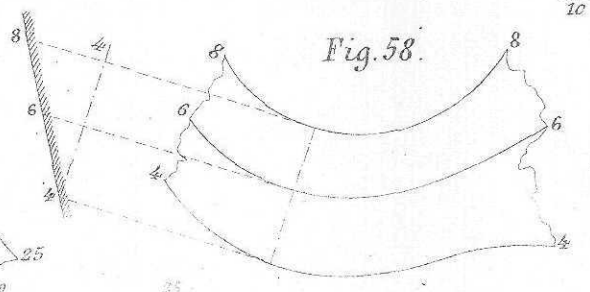


Fig. 58.

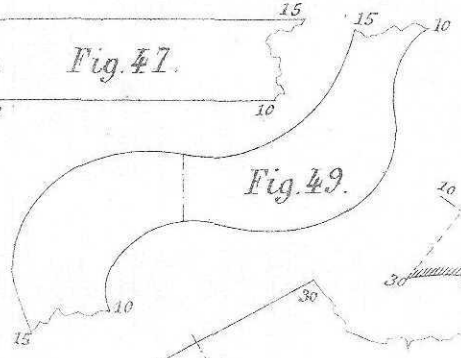


Fig. 49.

Fig. 52.

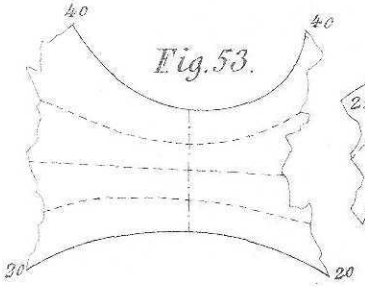


Fig. 53.

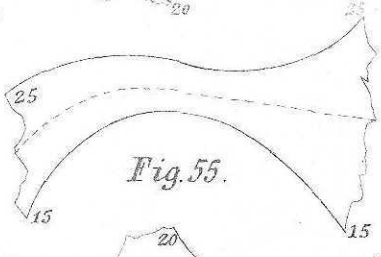


Fig. 55.

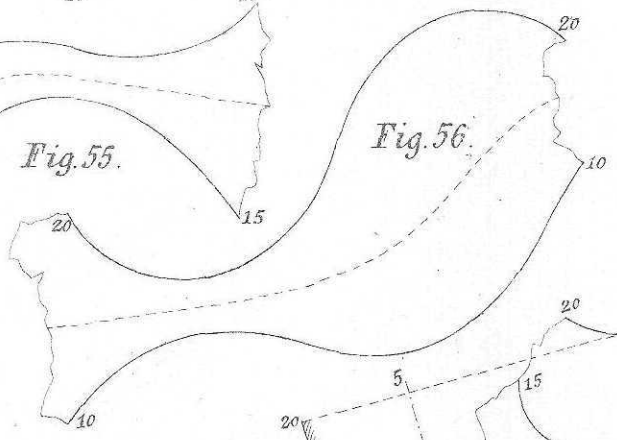


Fig. 56.

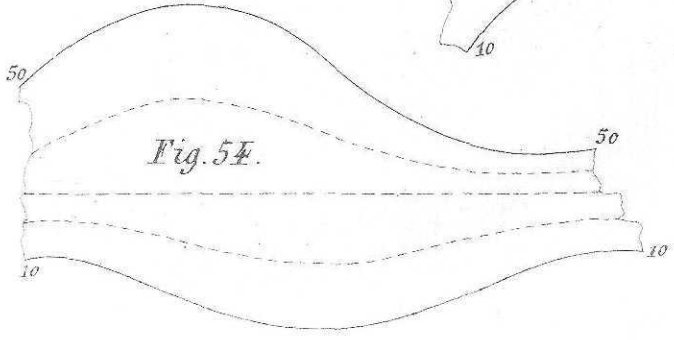


Fig. 54.

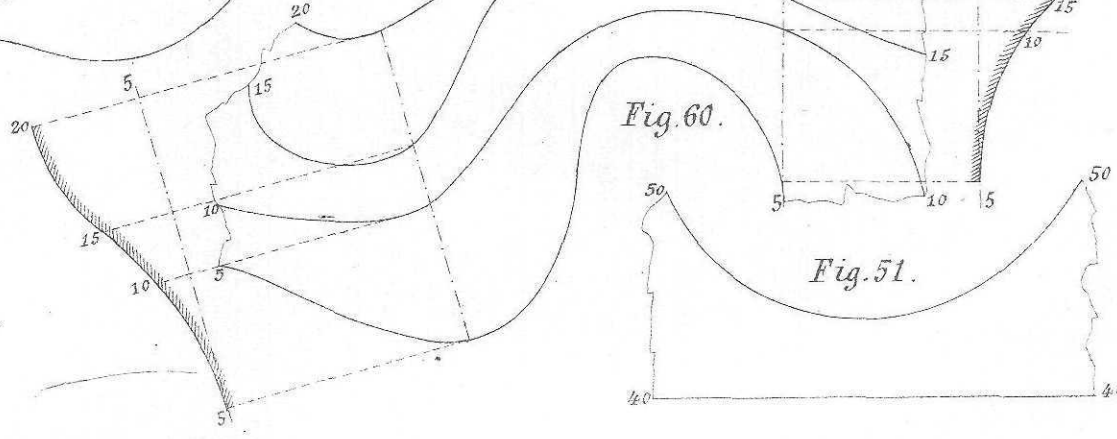


Fig. 60.

Fig. 51.

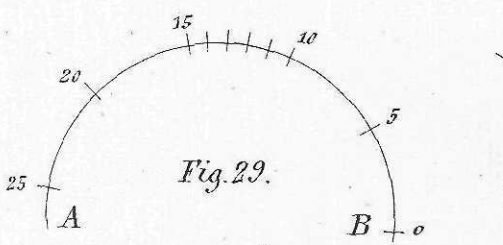


Fig. 29.

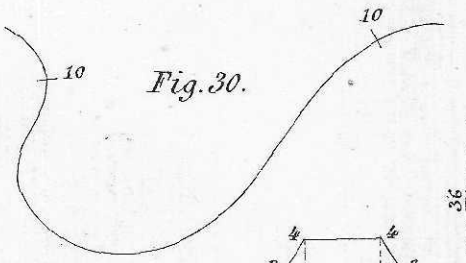


Fig. 30.

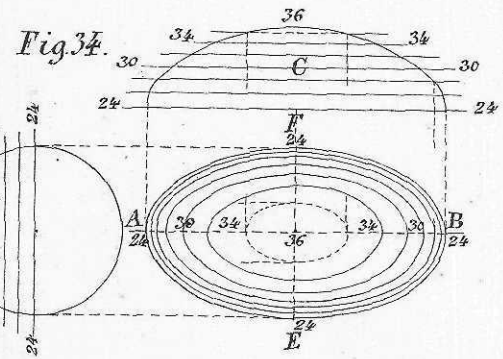


Fig. 34.

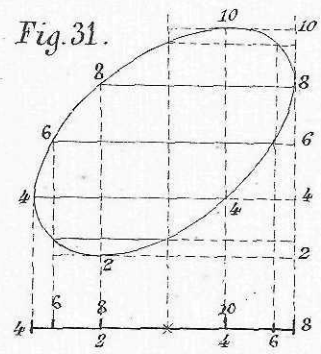


Fig. 31.

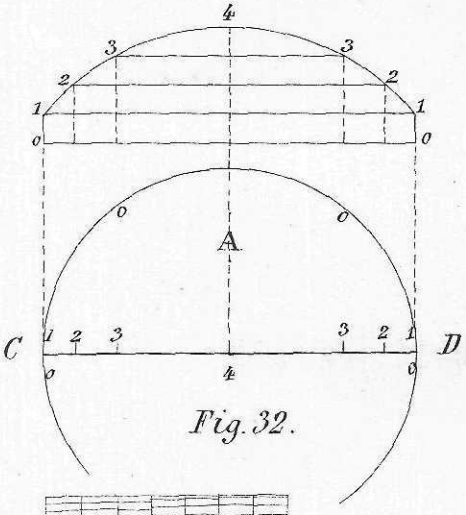


Fig. 32.

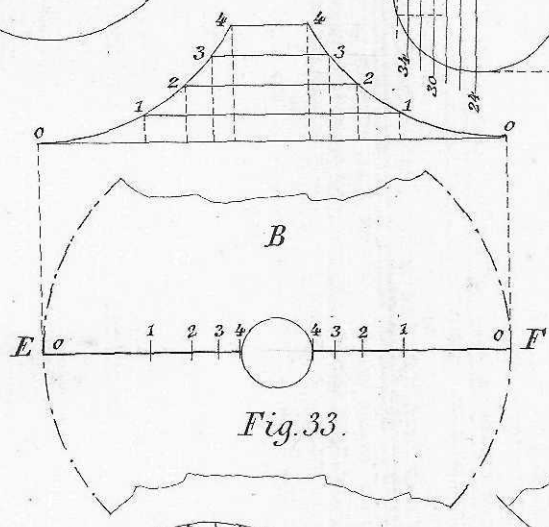


Fig. 33.

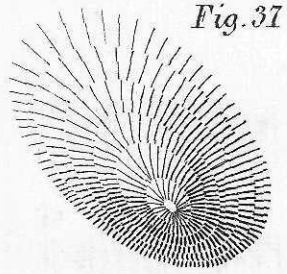


Fig. 37.

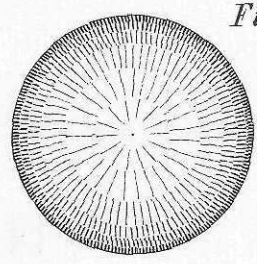


Fig. 36.

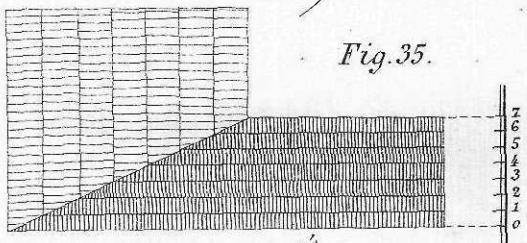


Fig. 35.

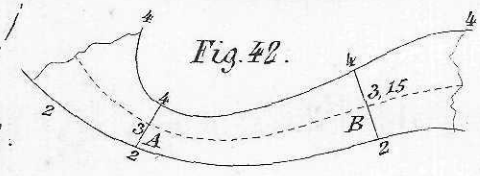


Fig. 42.

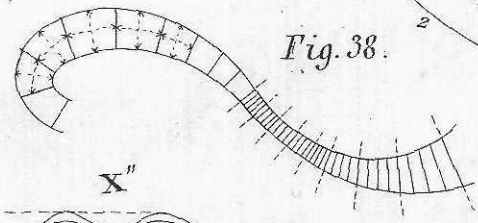


Fig. 38.

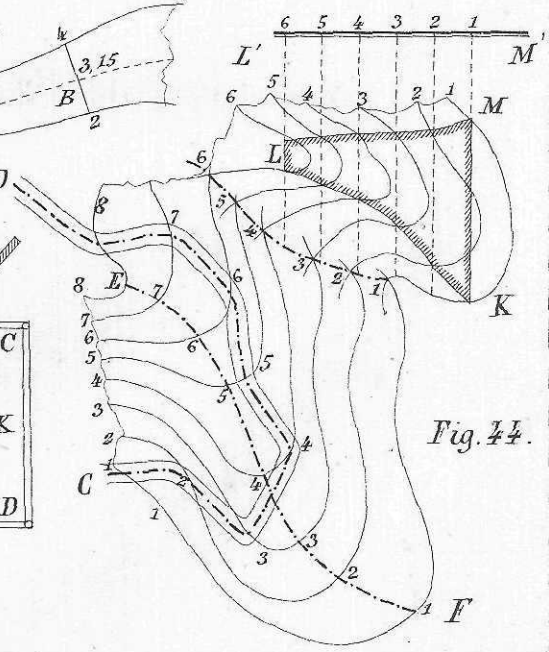


Fig. 44.

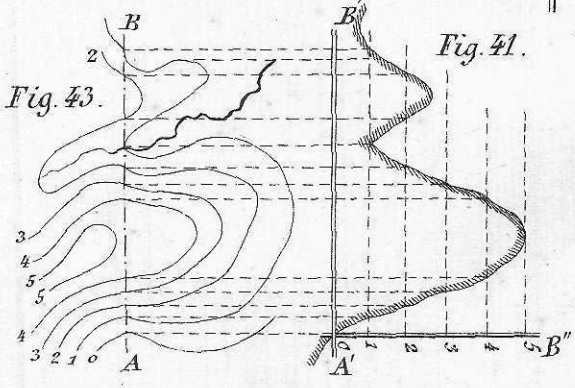


Fig. 41.

Fig. 43.

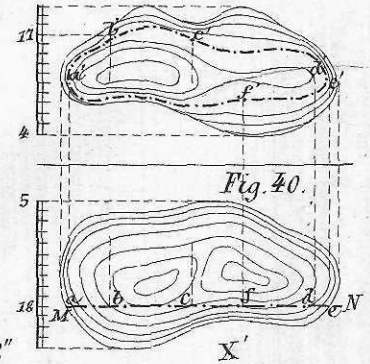


Fig. 40.

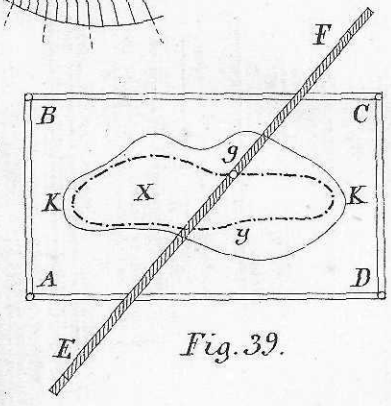
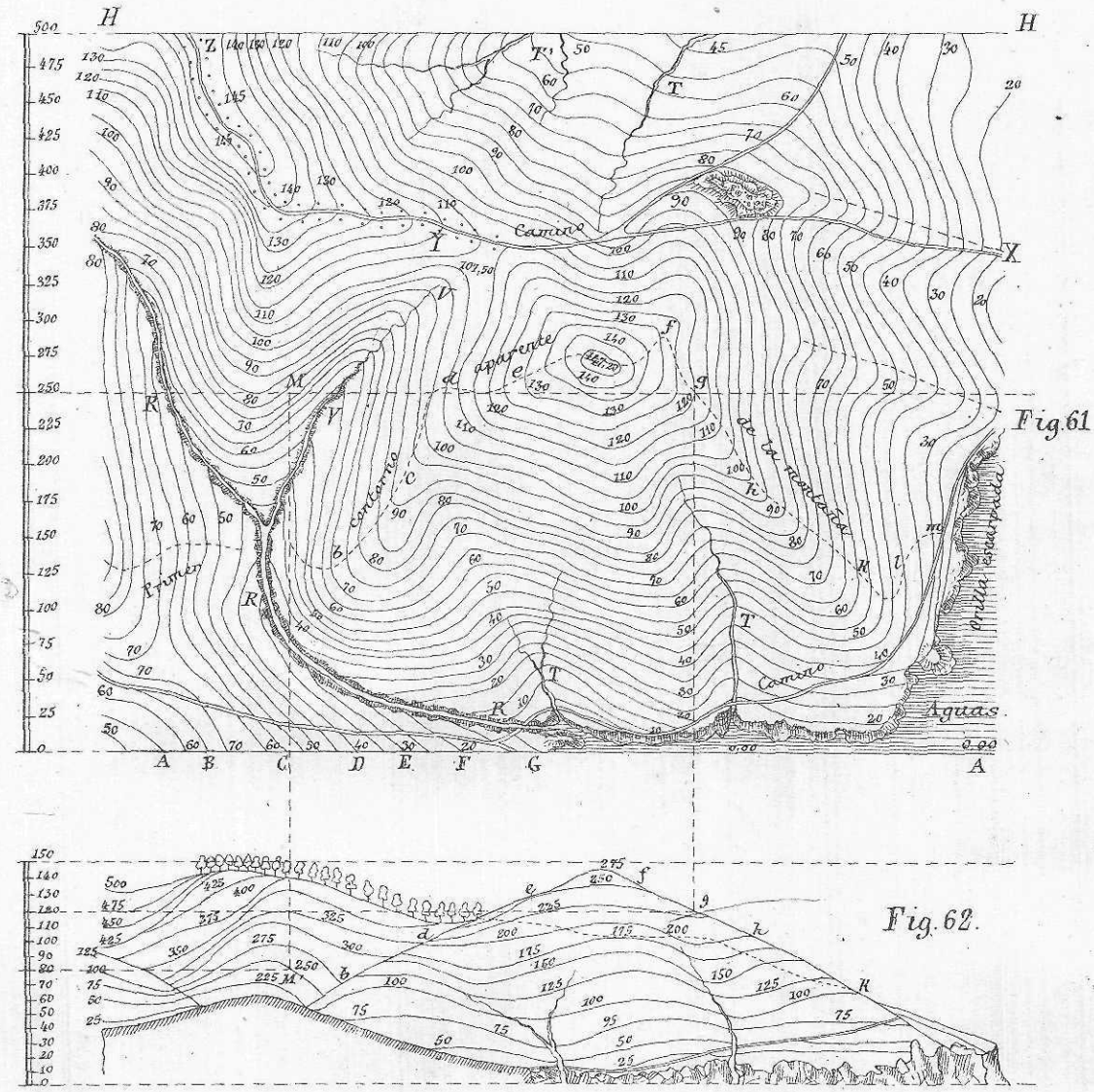


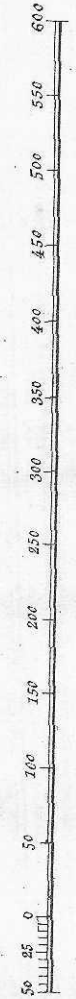
Fig. 39.

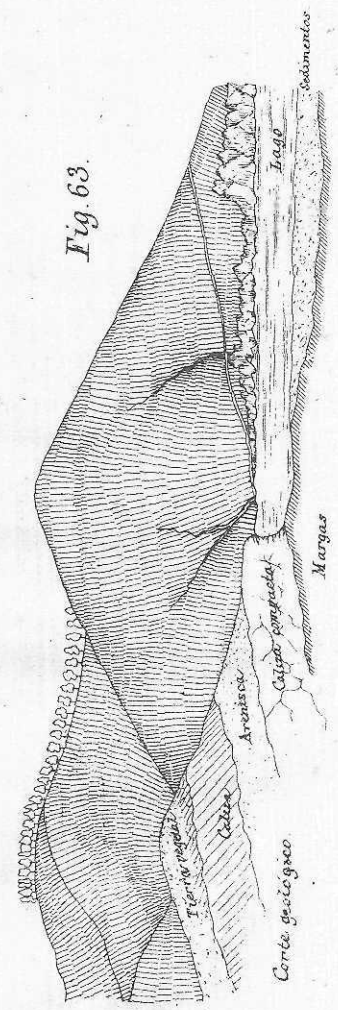
Gº por el Celador J. Pajares.

Plano de un terreno reprentado por una serie de secciones horizontales, equidistantes 5,00 met.s



Escala general del dibujo $\frac{1}{5000}$ metros.

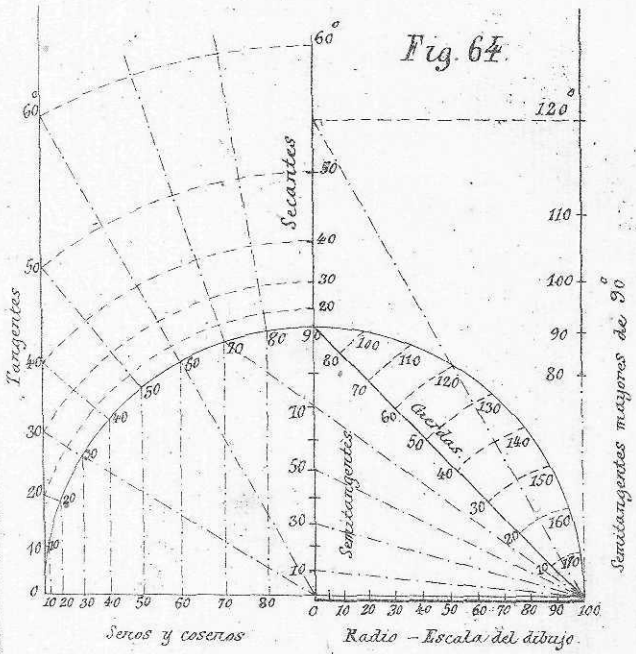


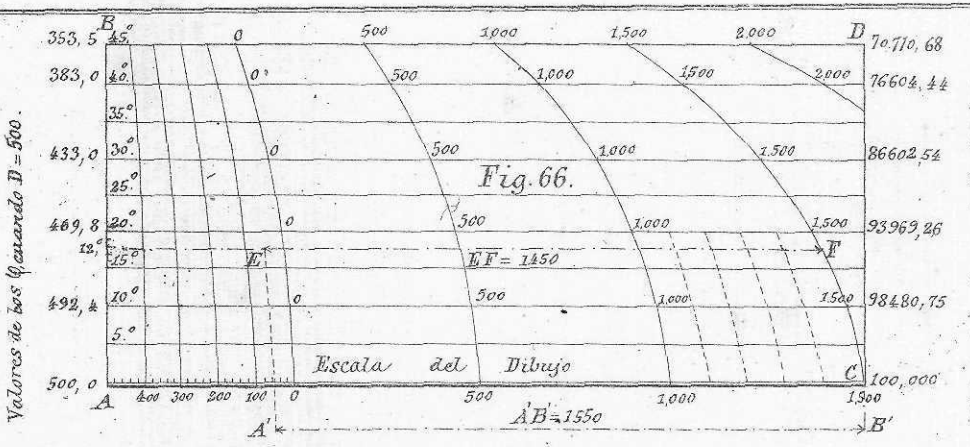


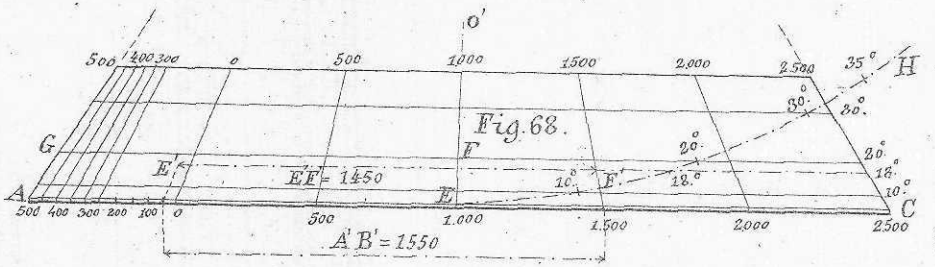
Traza normales de mínima pendiente entre las curvas verticales.

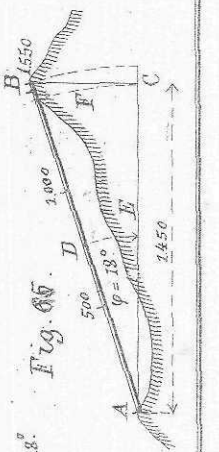
Representacion por una serie de secciones verticales, equidistantes 25,m60

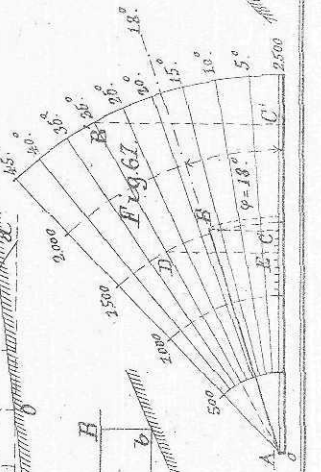
Gº por el Celador J Fayeres.

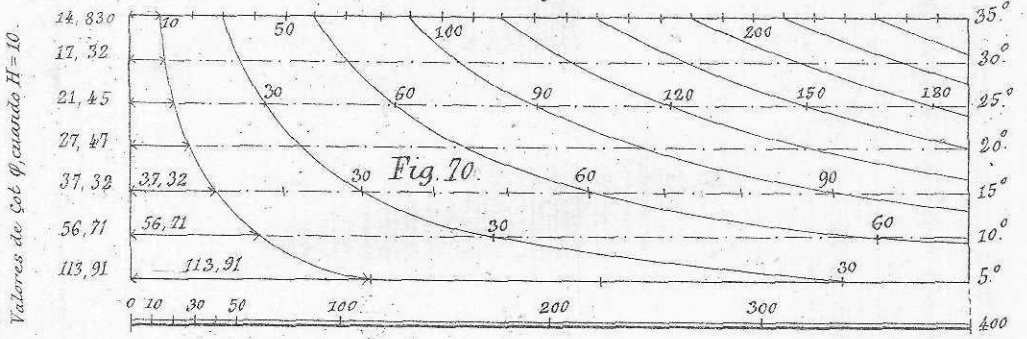


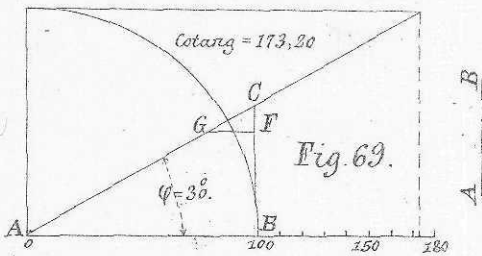


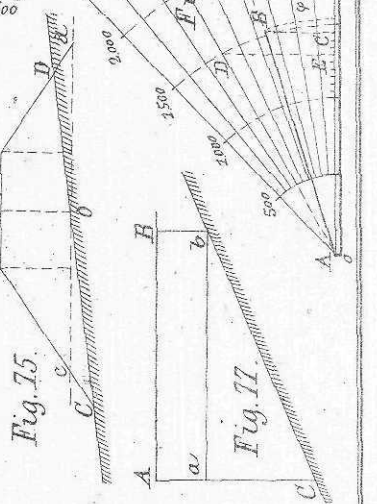


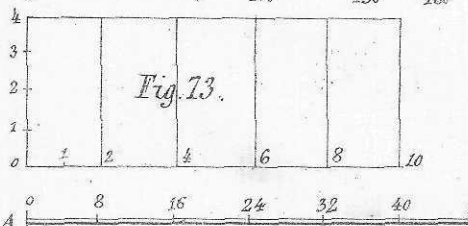


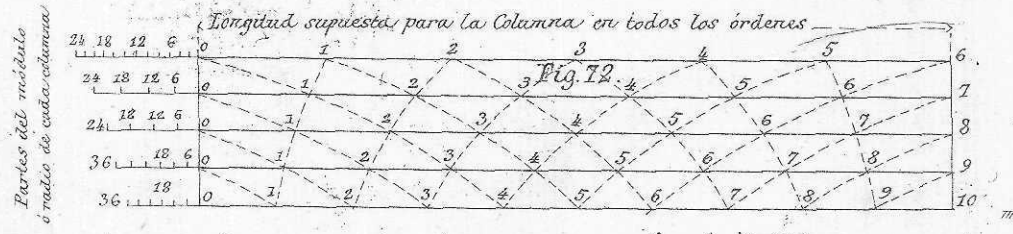


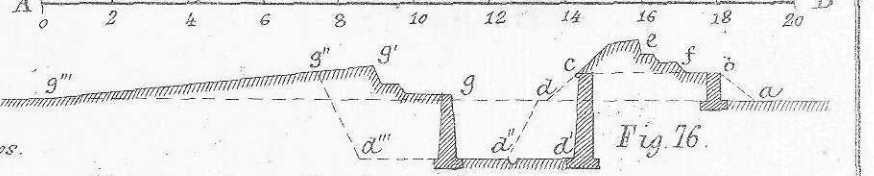


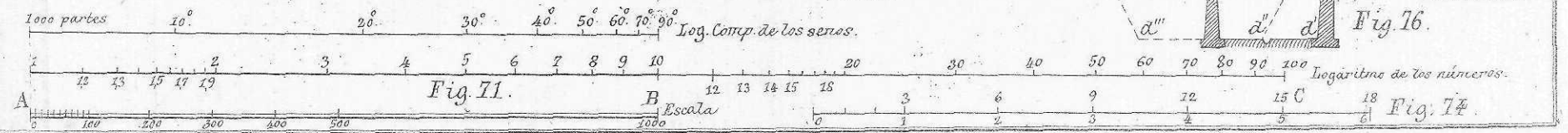




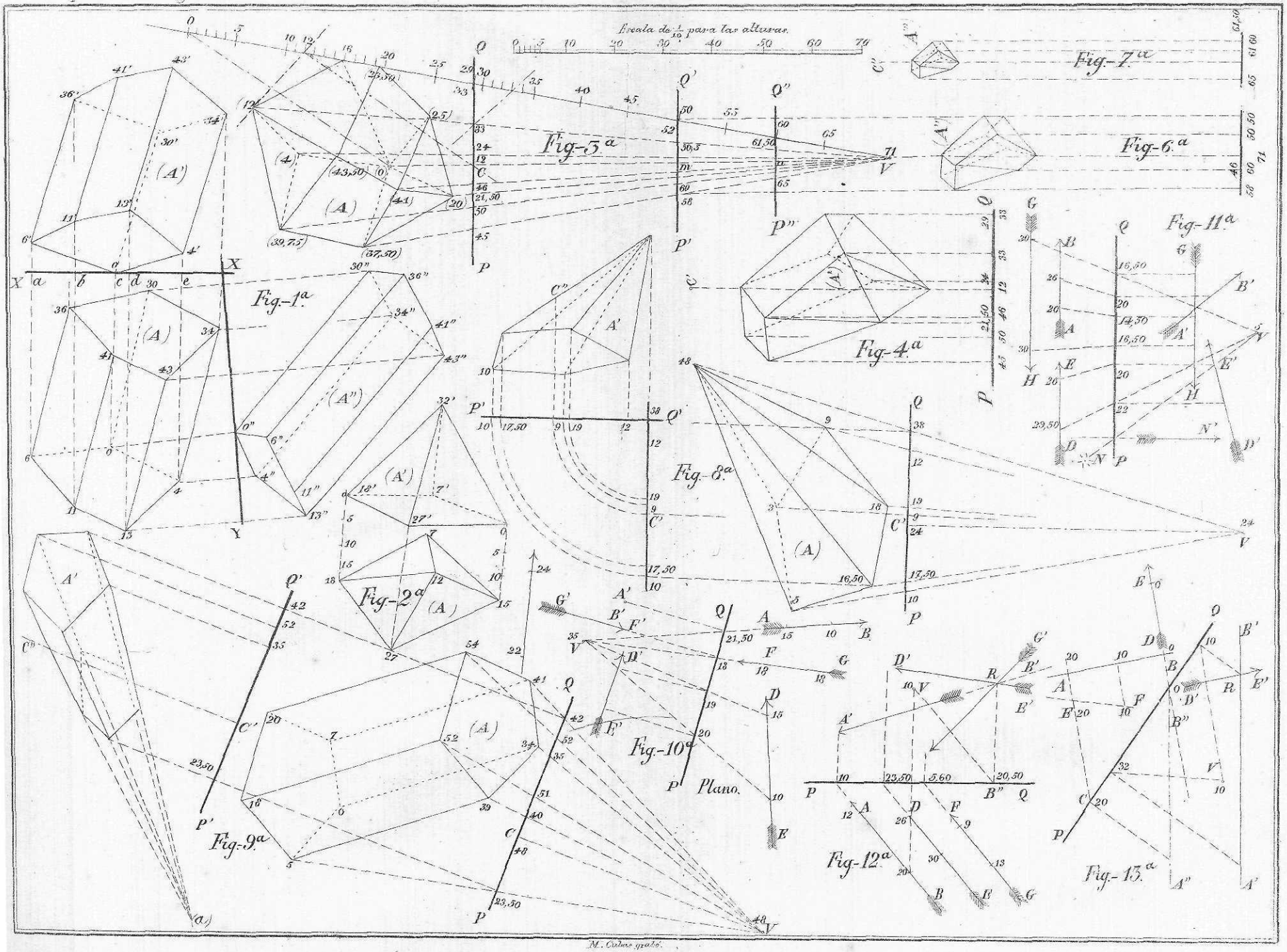


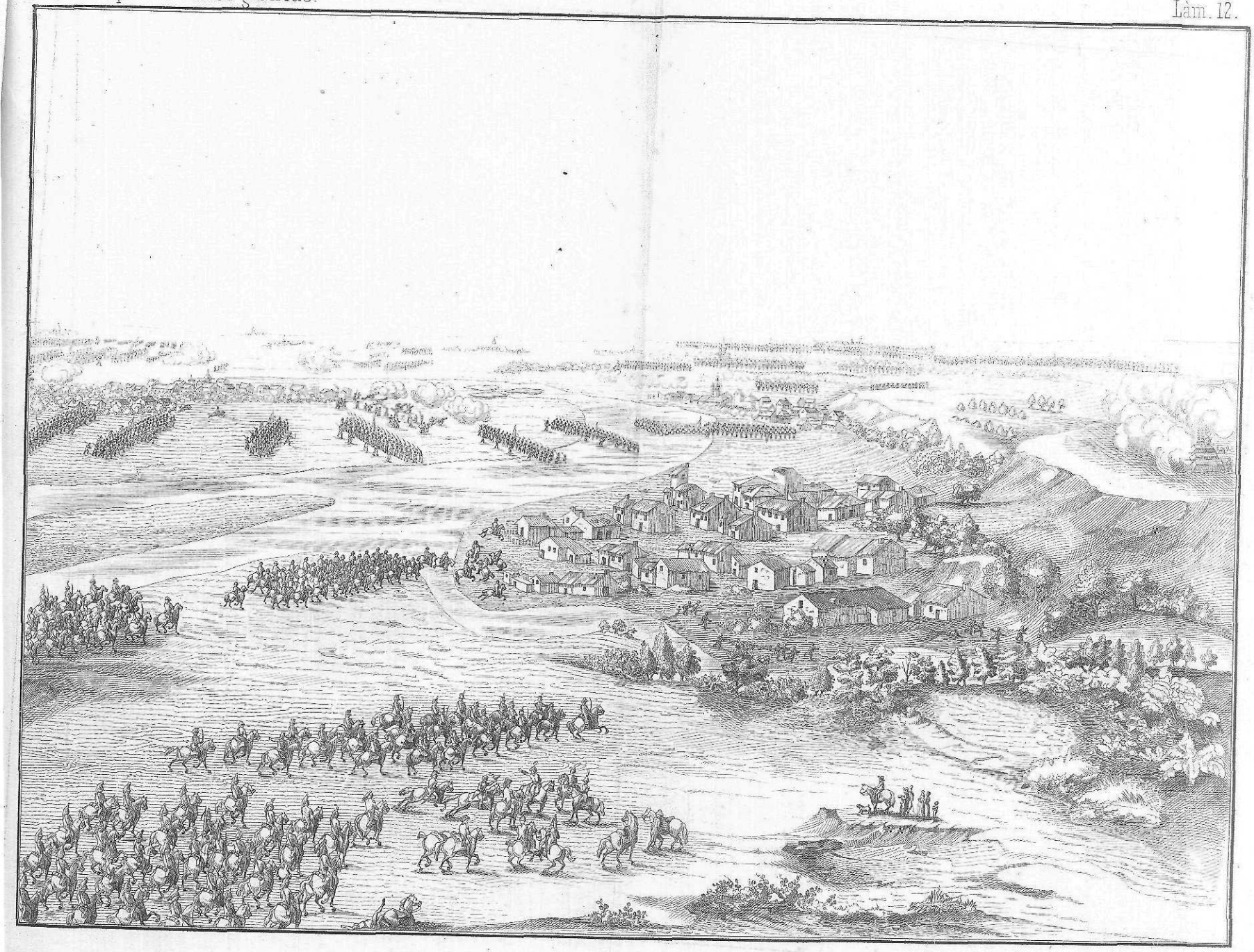


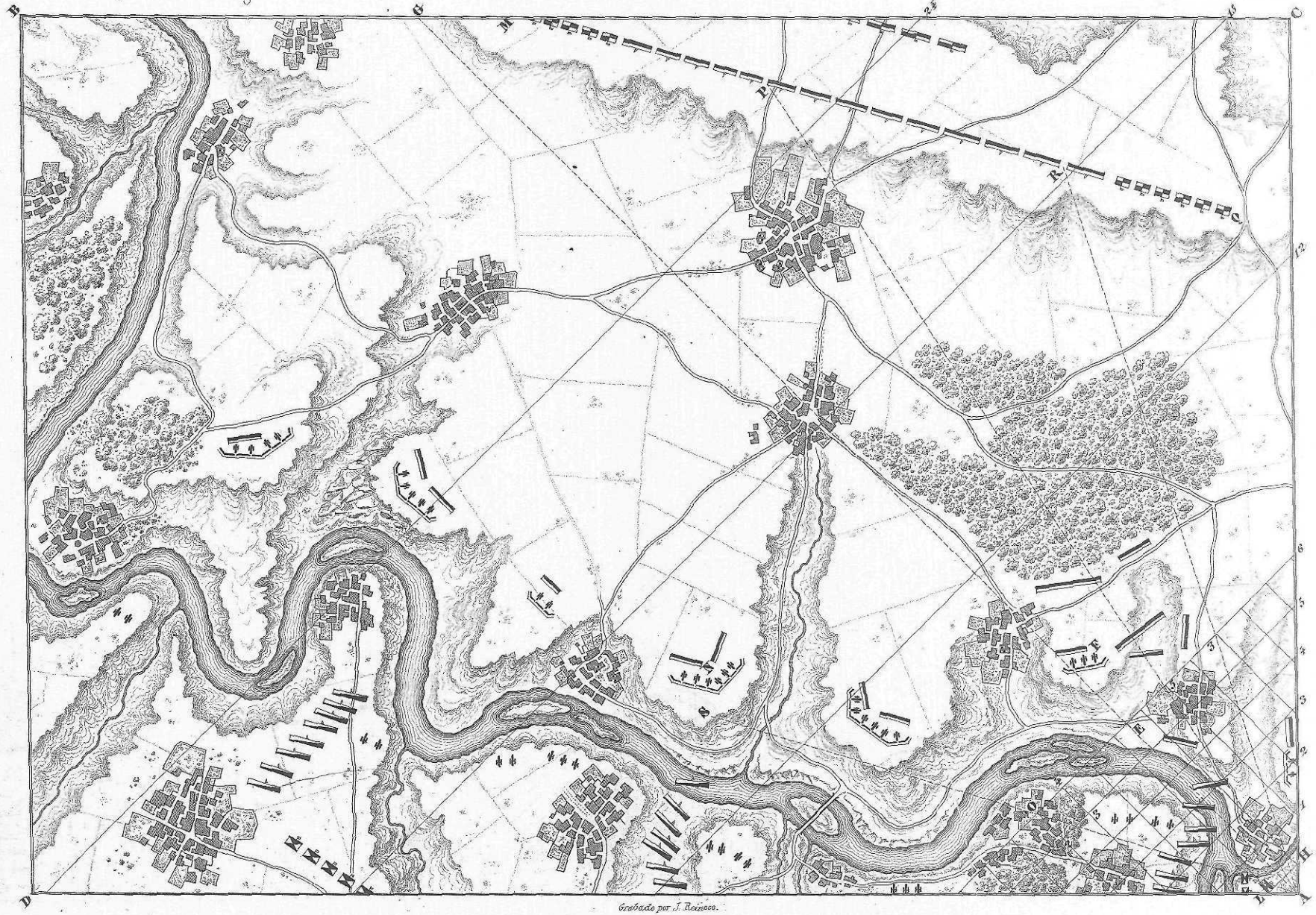




Gº por el Cdor. D. J. Fajardo.

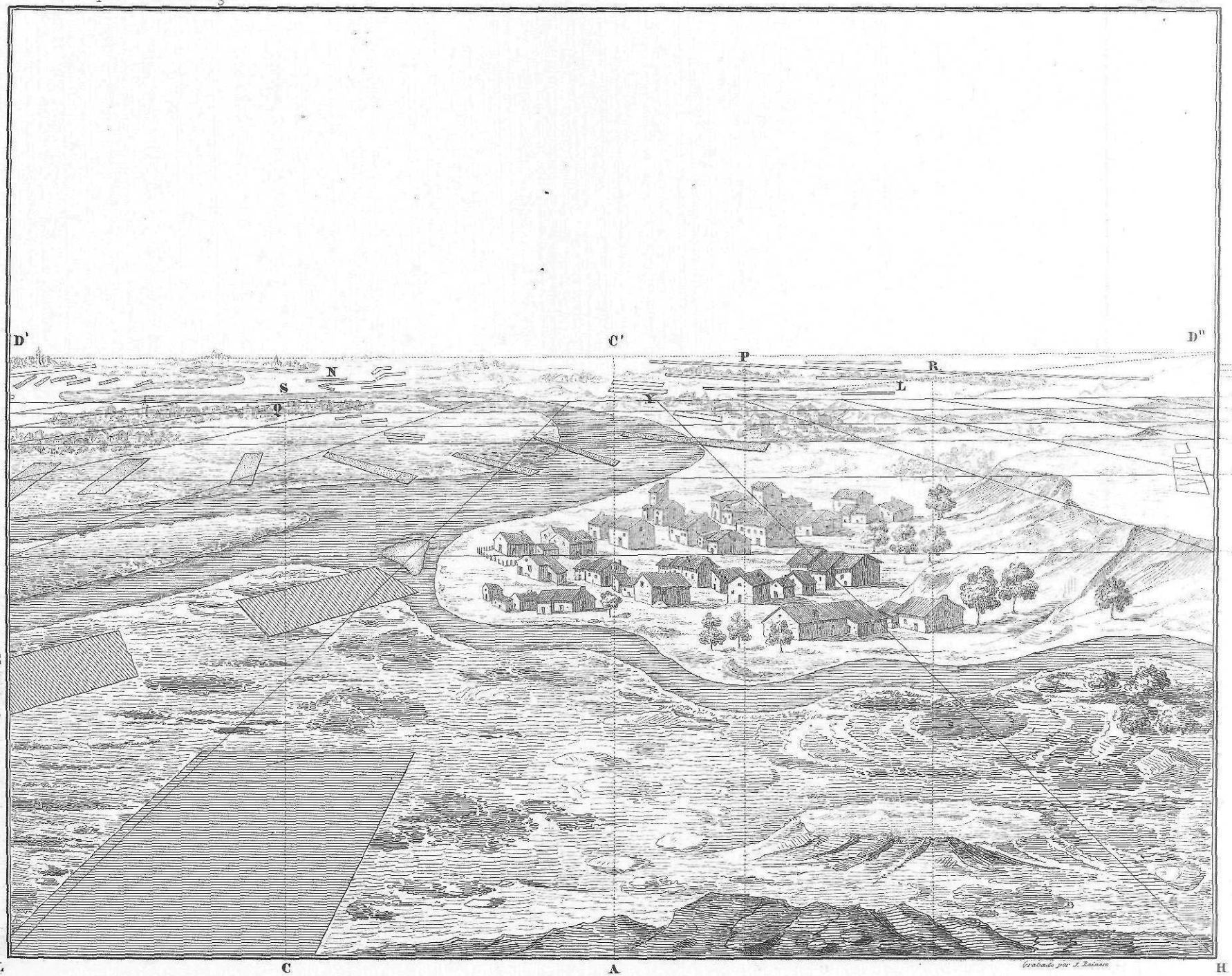

Escala de 1/10 para las alturas.
Fig.-1.ª
Fig.-2.ª
Fig.-3.ª
Fig.-4.ª
Fig.-5.ª
Fig.-6.ª
Fig.-7.ª
Fig.-8.ª
Fig.-9.ª
Fig.-10.ª
Plano.
Fig.-11.ª
Fig.-12.ª
Fig.-13.ª





Grabado por J. Reinoso.

Escala - 1/30.000.


D'
C'
D''
P
R
L
Y
N
S
O
24
18
12
6
5
4
3
2
1
E
F
L
C
A
H
Grabado por J. Rainaco

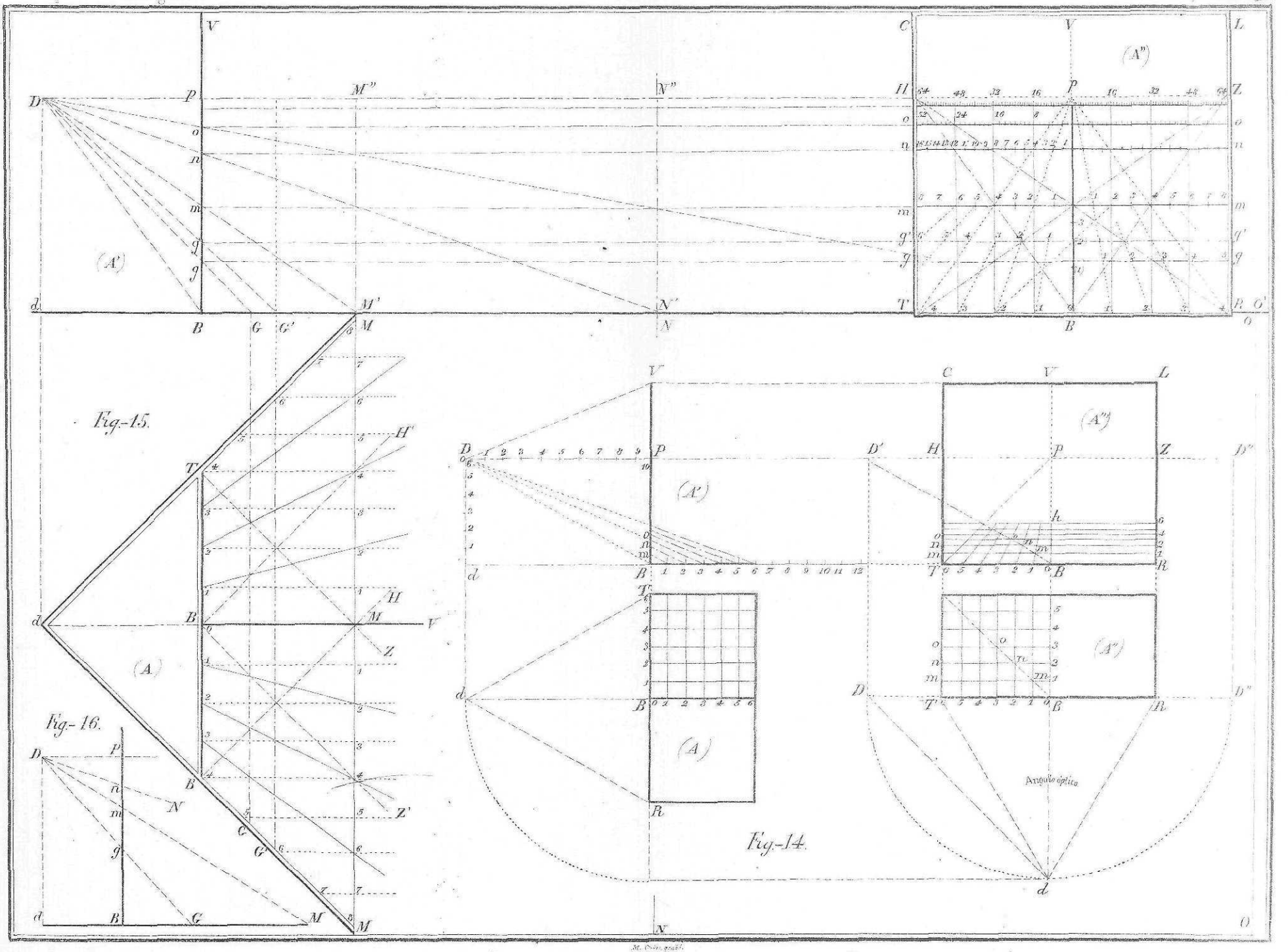


Fig-15.
Fig-16.
Fig-14.
(A')
(A)
(A'')
Angulo óptico

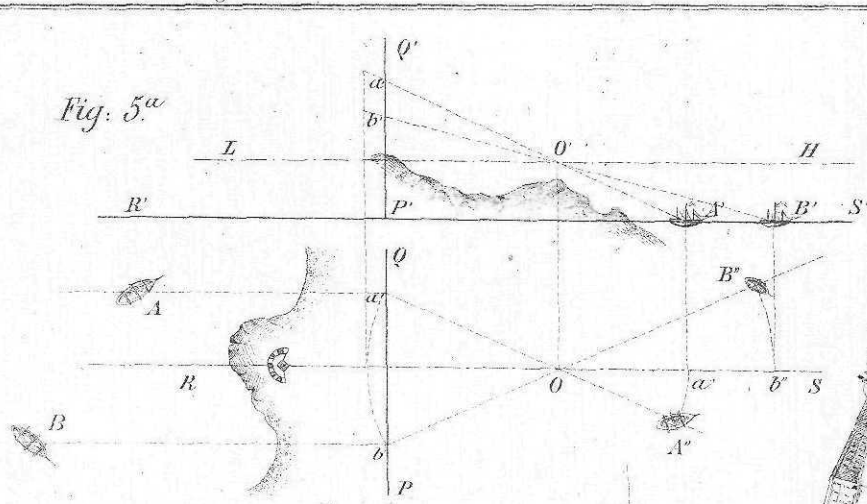


Fig. 5.ª
Q'
a'
b'
L
O'
H
R'
P'
B'
S'
Q
B''
A
a''
R
O
b''
S
B
A''
b
P

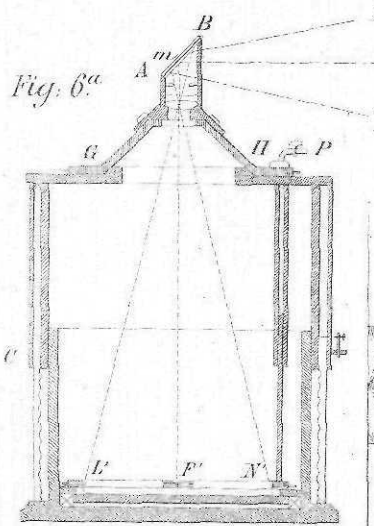
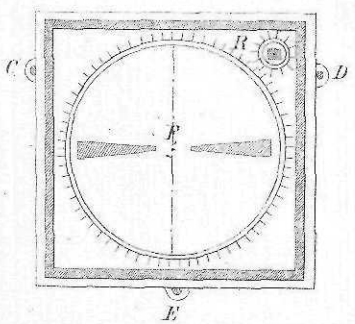


Fig. 6.ª
B
I
A
m
M
N
G
H
P
C
L'
F'
N'


C
R
D
F
E

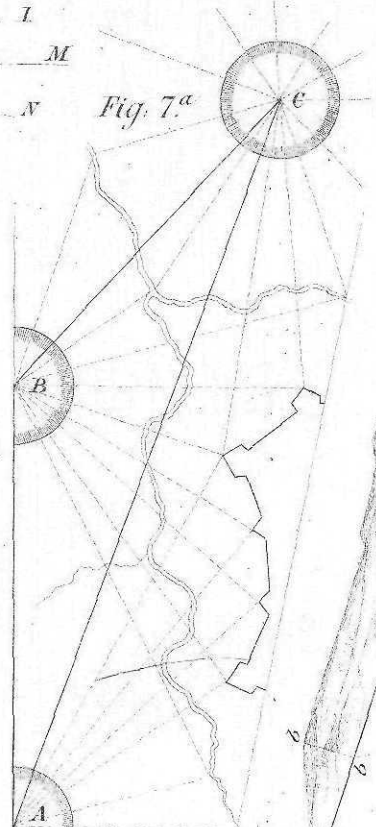


Fig. 7.ª
e
B
A

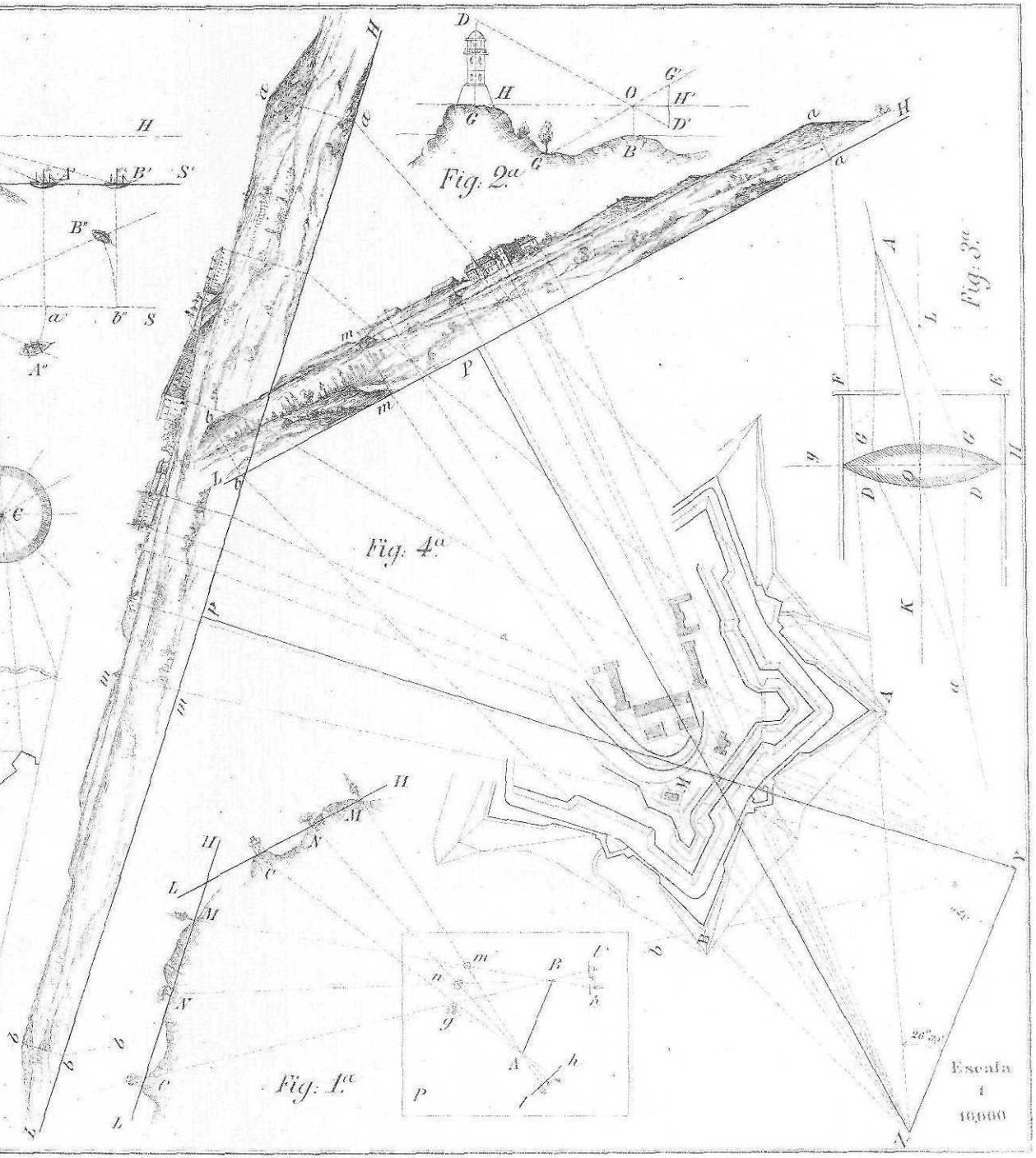


Fig. 4.ª
H
a
m
L
b
P
Fig. 1.ª
M
N
C
c
Escala
1
10000

m
B
L'
n
g
b
A
h
P
l

Fig. 2.ª
D
H
O
G'
G
H'
D'
B'

Fig. 3.ª
A
L
E
E'
g
G
G'
H
D
D'
O
K

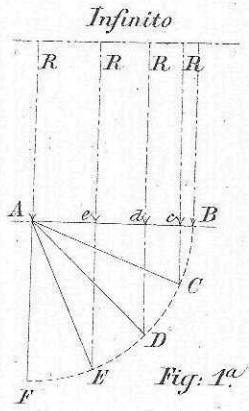
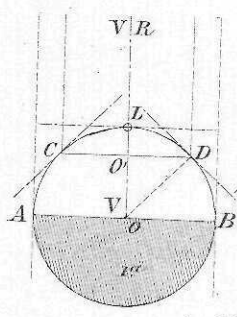


Fig: 1ª



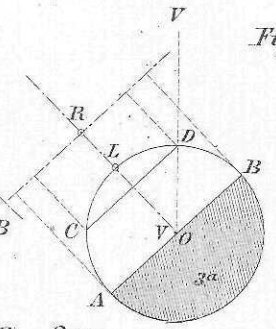


Fig: 2ª

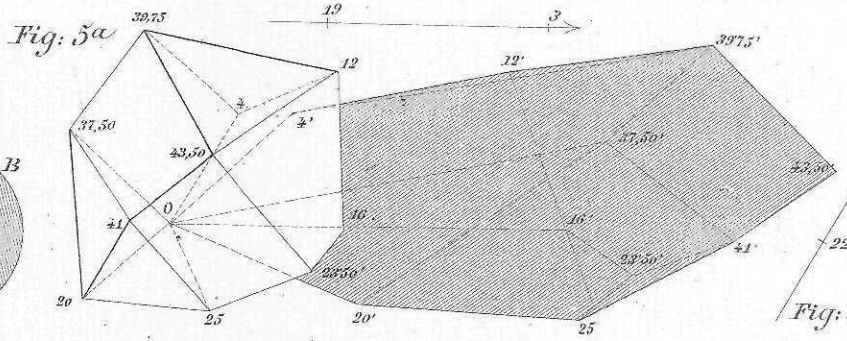


Fig: 5ª

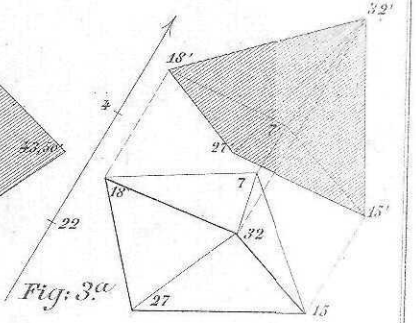
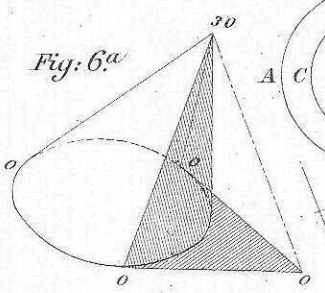
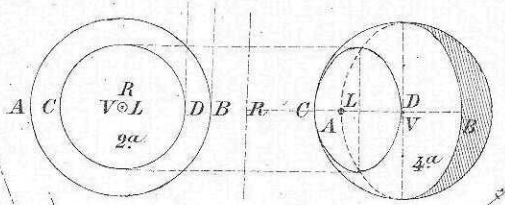


Fig: 3ª





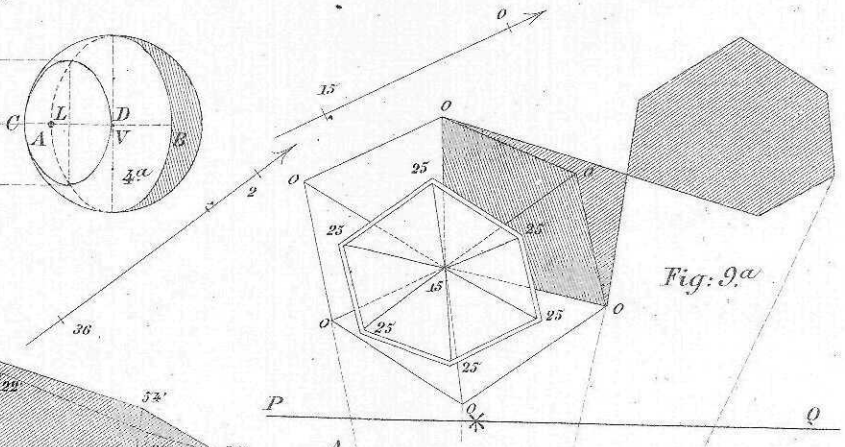
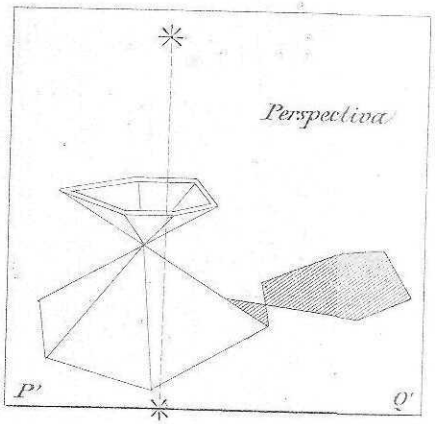


Fig: 9ª



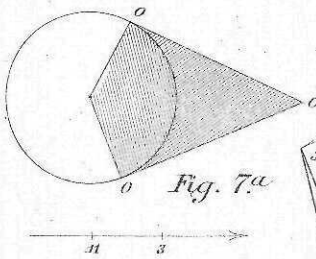


Fig: 7ª

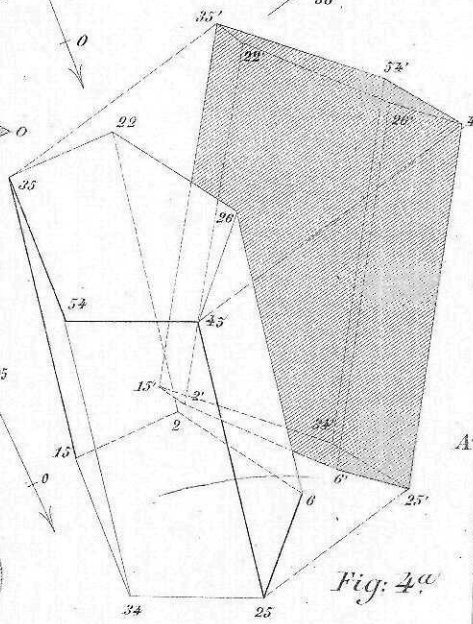


Fig: 4ª

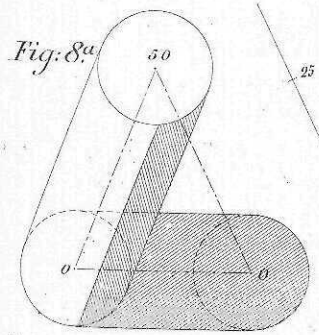


Fig: 8ª

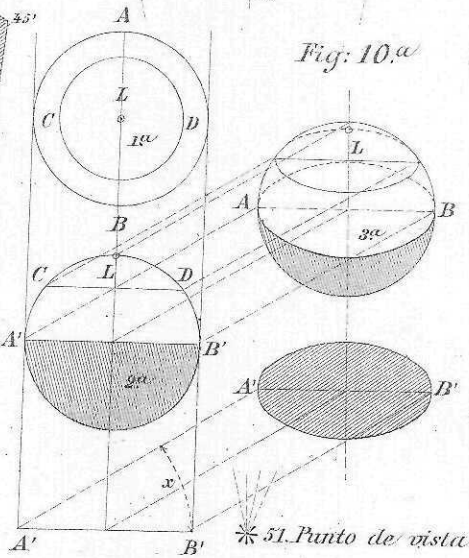
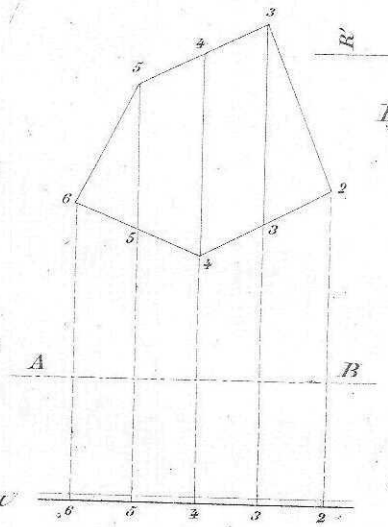


Fig: 10ª



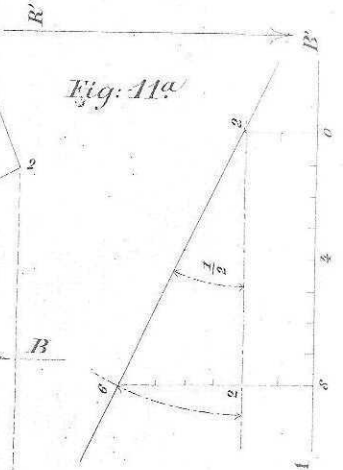


Fig: 11ª

51. Punto de vista

Julio Cª Marcha grab.

Fig: 13.

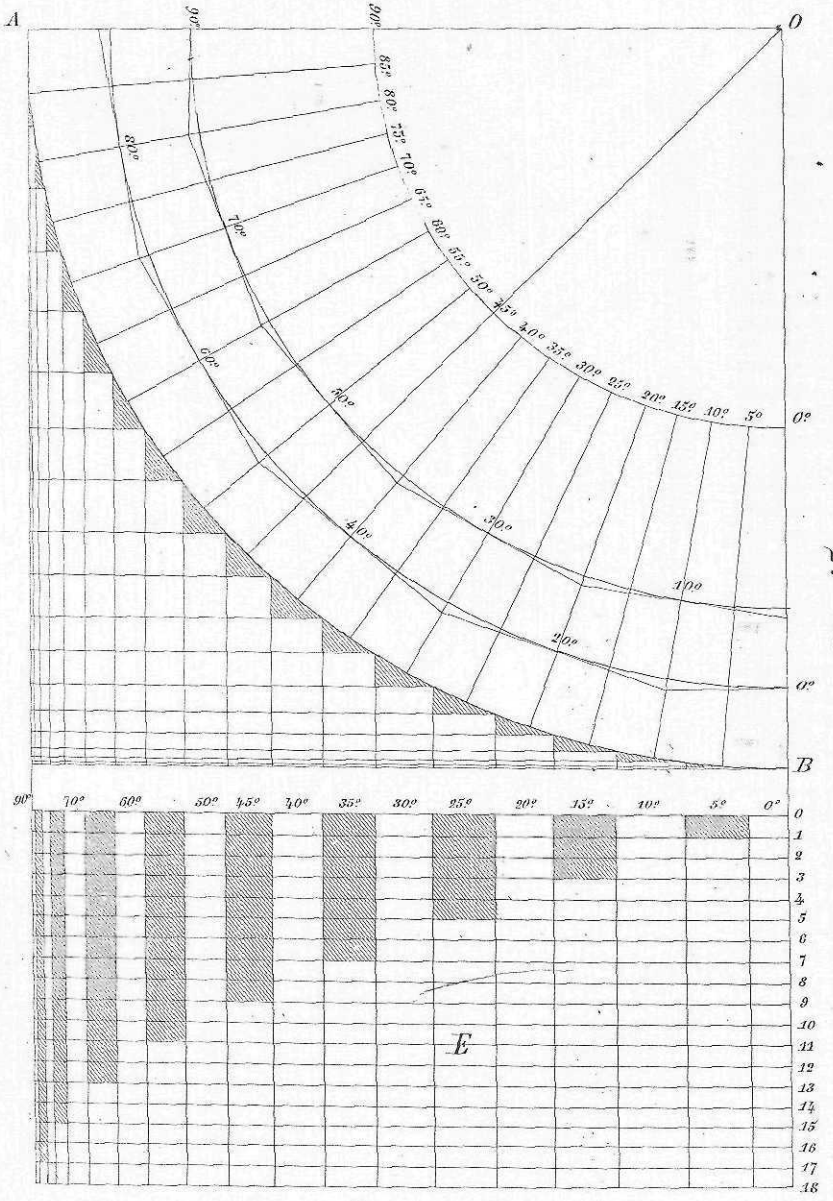


Fig: 15.

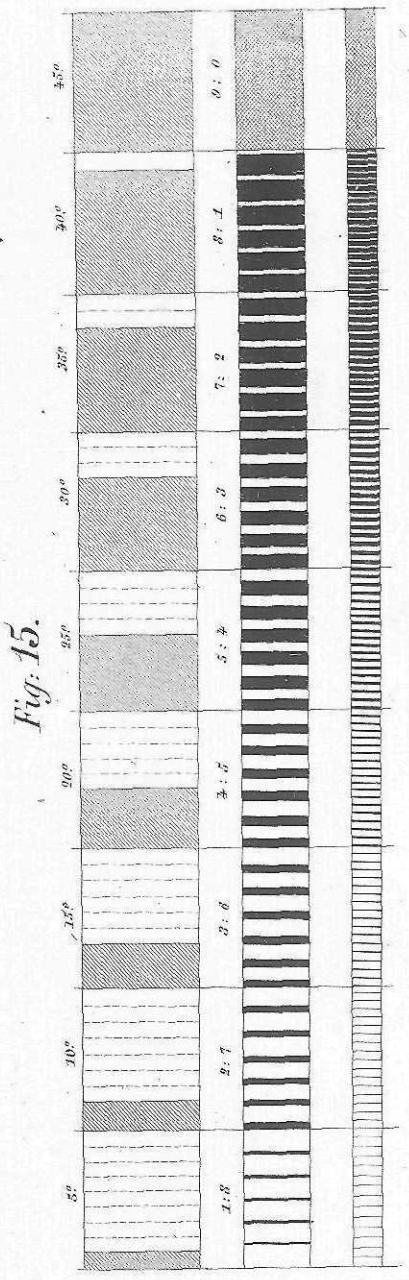
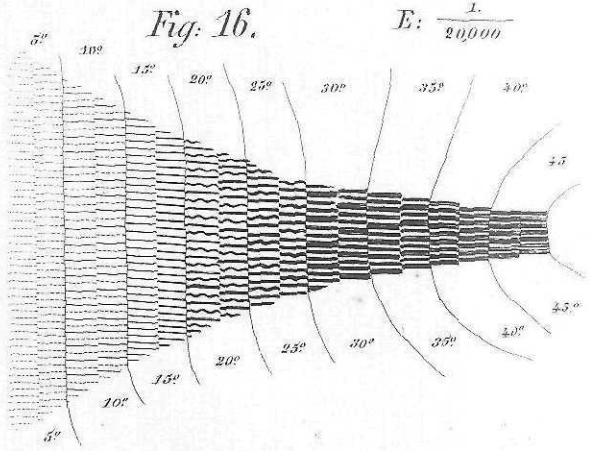


Fig: 16. E: 1/20000



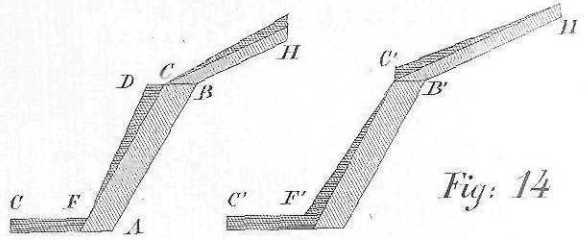
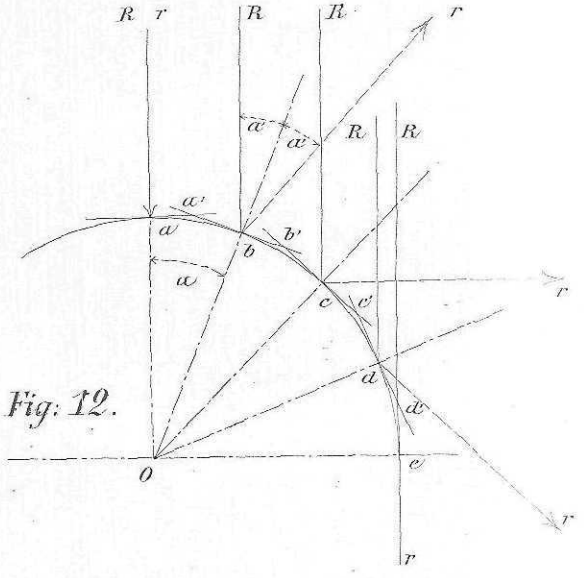


Fig: 14

Fig: 12.



Julio C. Arroquia grabó.

Relacion entre el negro y blanco.

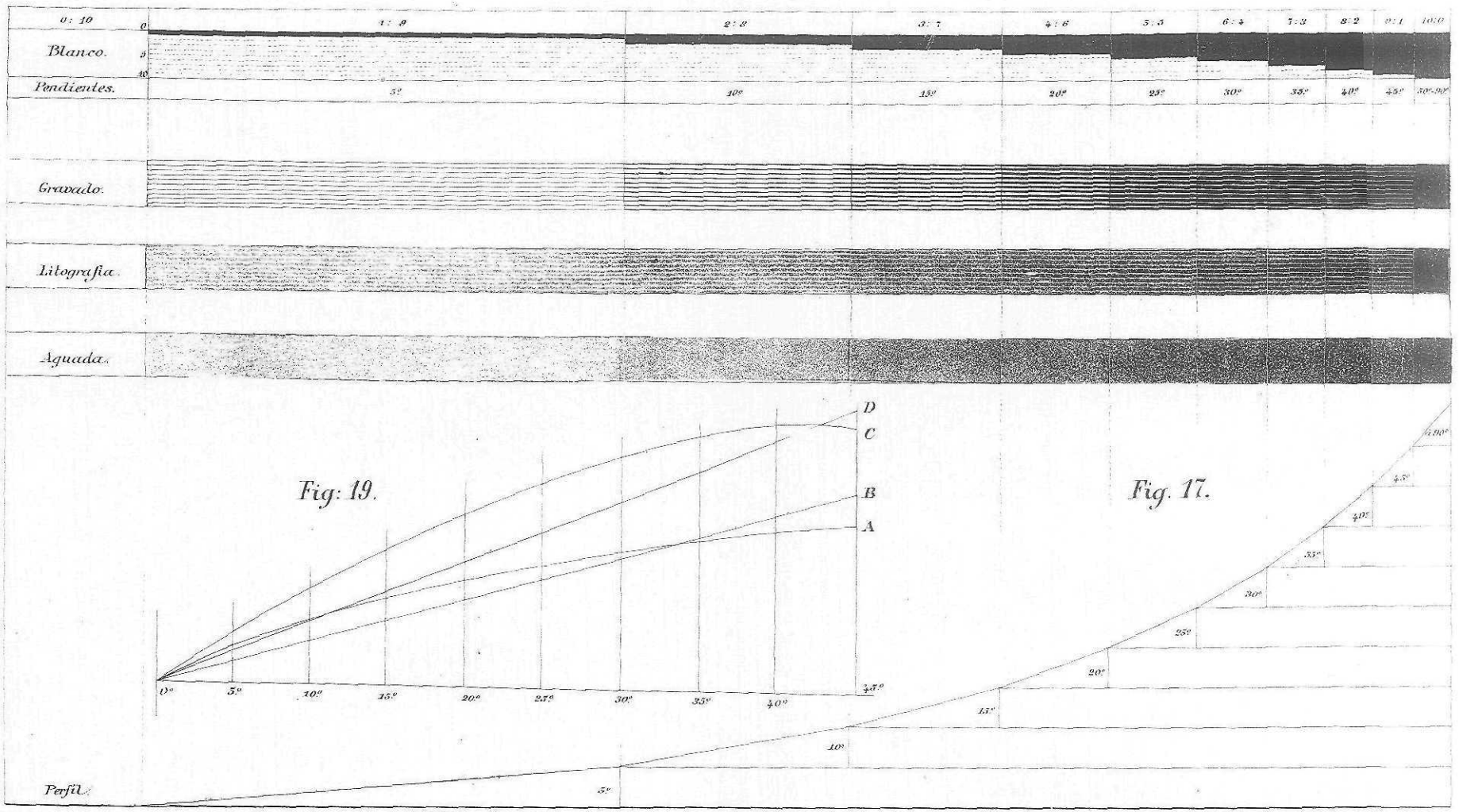
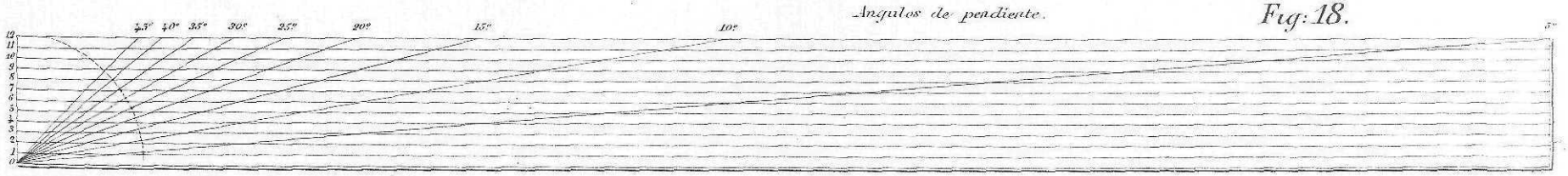


Fig: 19.

Fig. 17.



Angulos de pendiente.

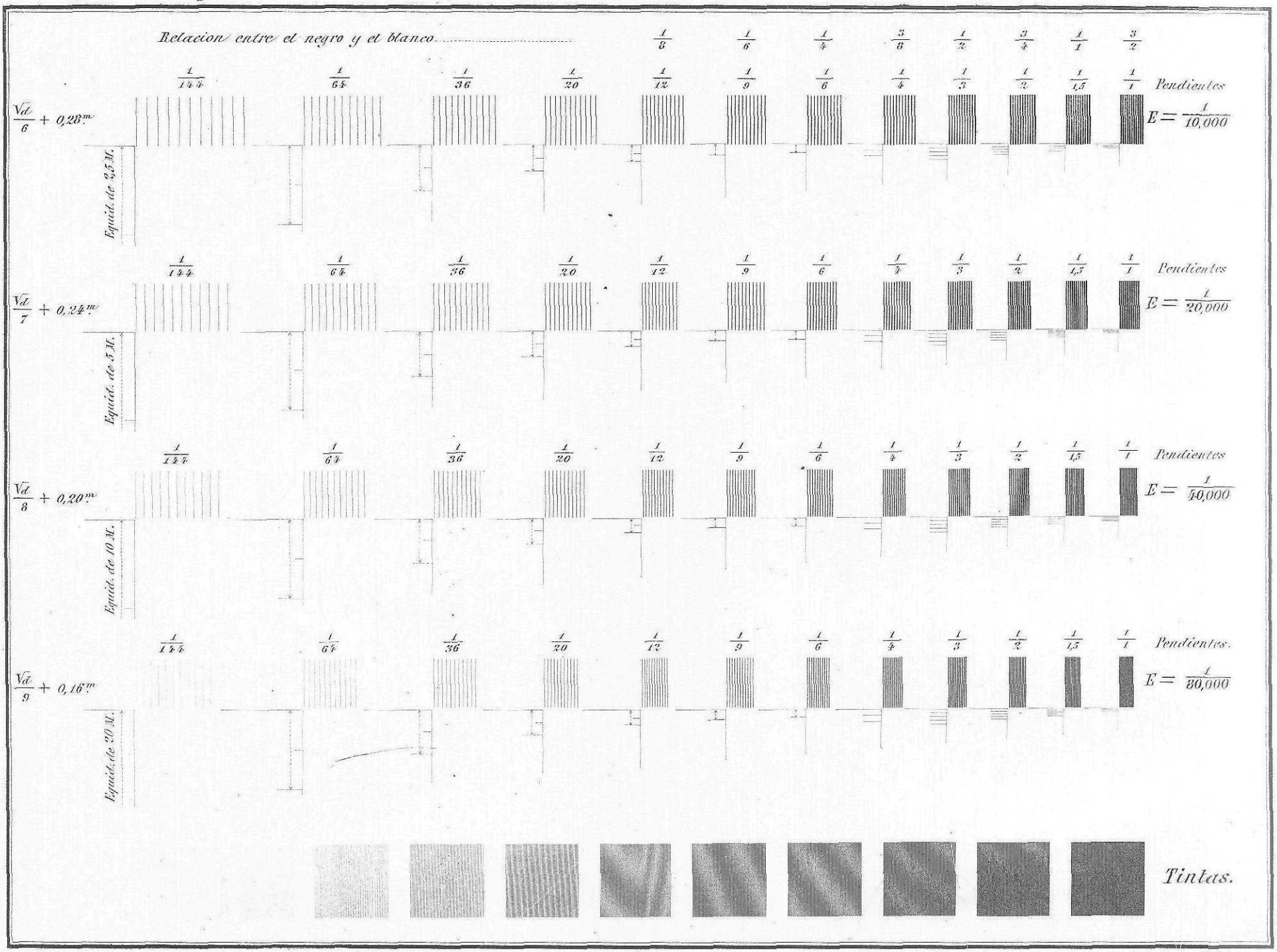
Fig: 18.

DIAPASONES DE TRAZOS

para una equidistancia gráfica de $\frac{1}{4}$ de milímetro.

R. Arroquia – Escalas gráficas.

Lám. 18.

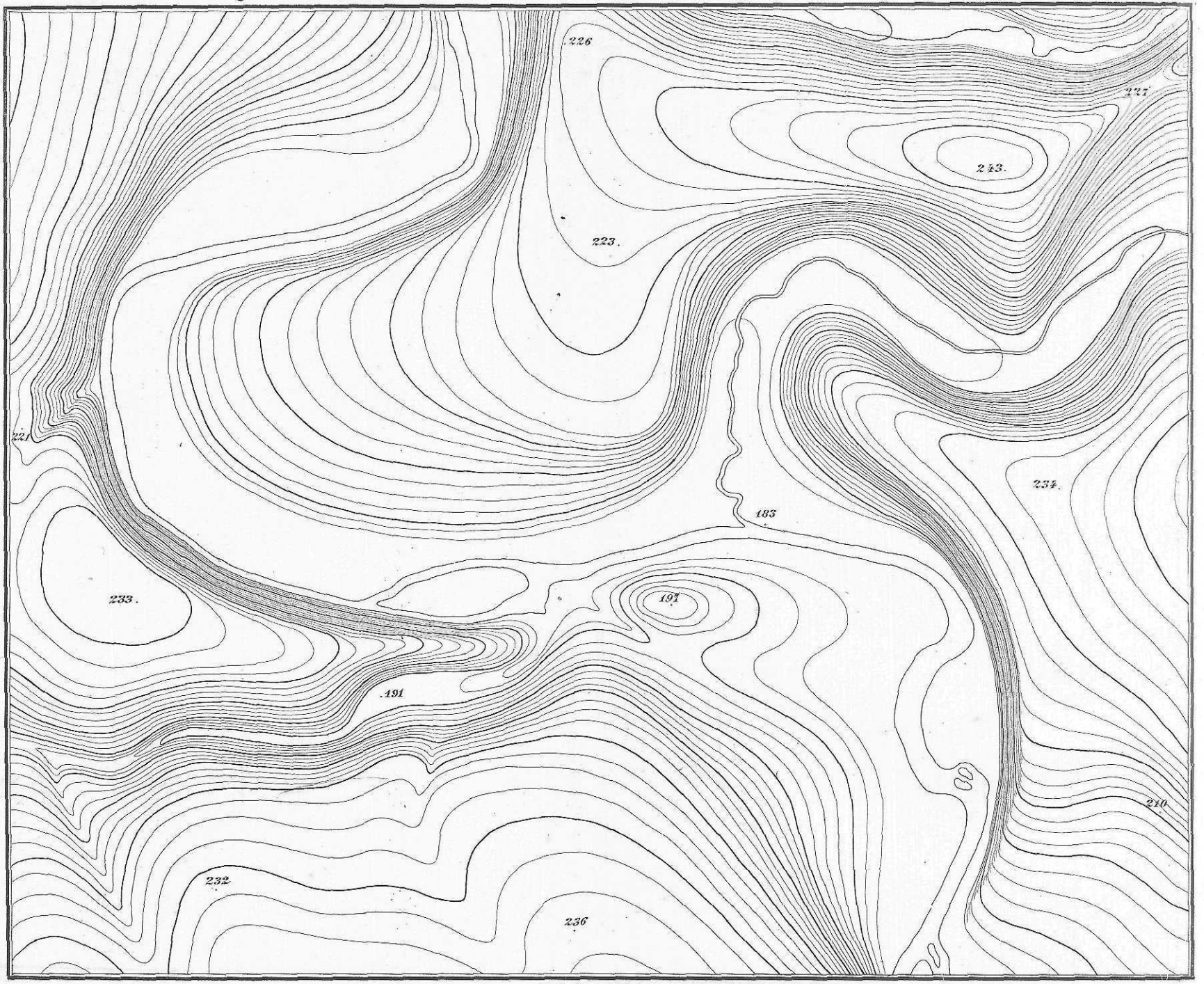


Grabado por A. Reluzco.

TOPOGRAFIA.

R. Arroquia – Escalas gráficas.

Lám. 19.



Grabado por J. Reinoso.

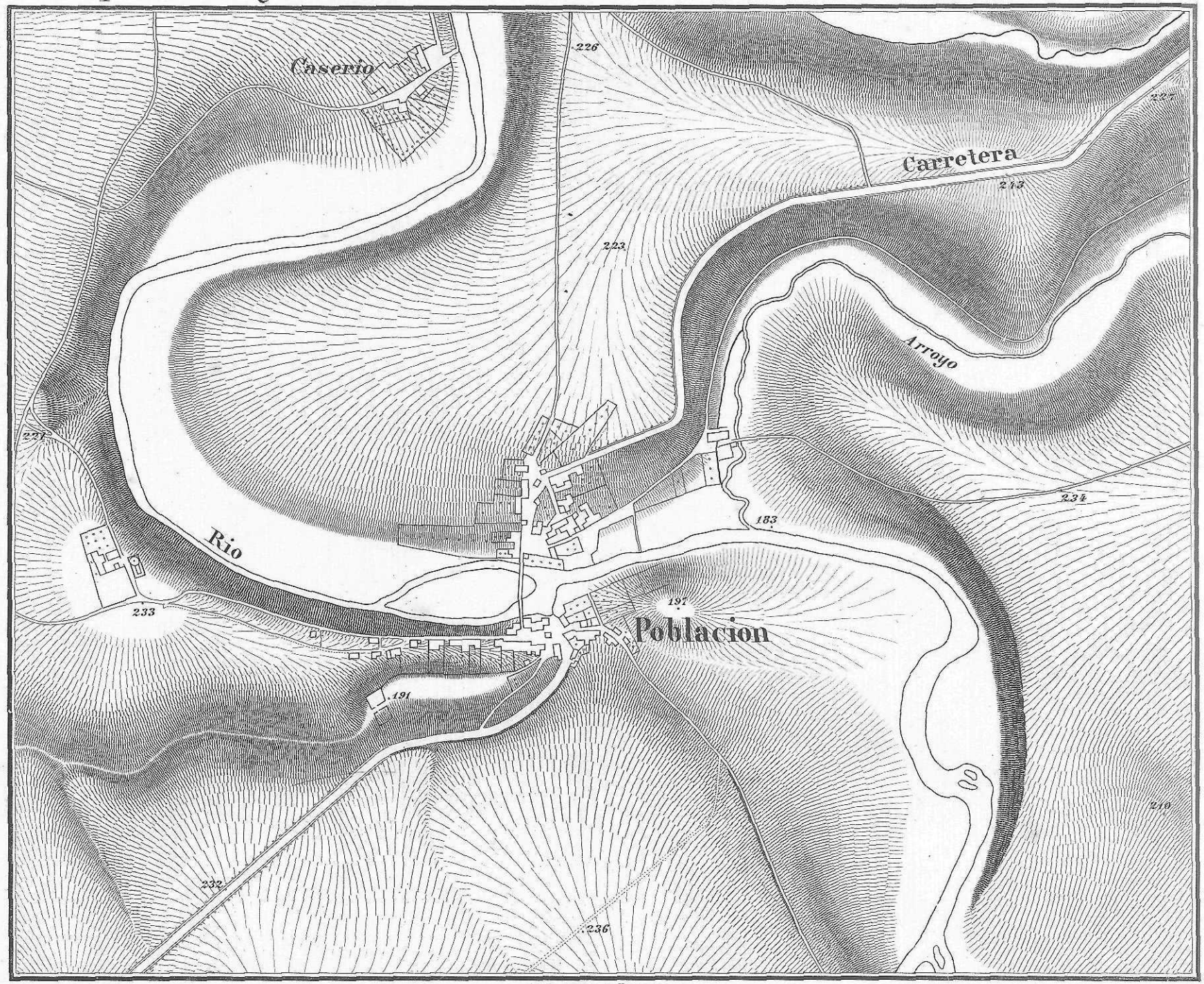
Escala de $\frac{1}{10.000}$

Equidistancia de 2,50 Metros

TOPOGRAFIA.

R. Arroquia - Escalas gráficas.

Lám. 20.



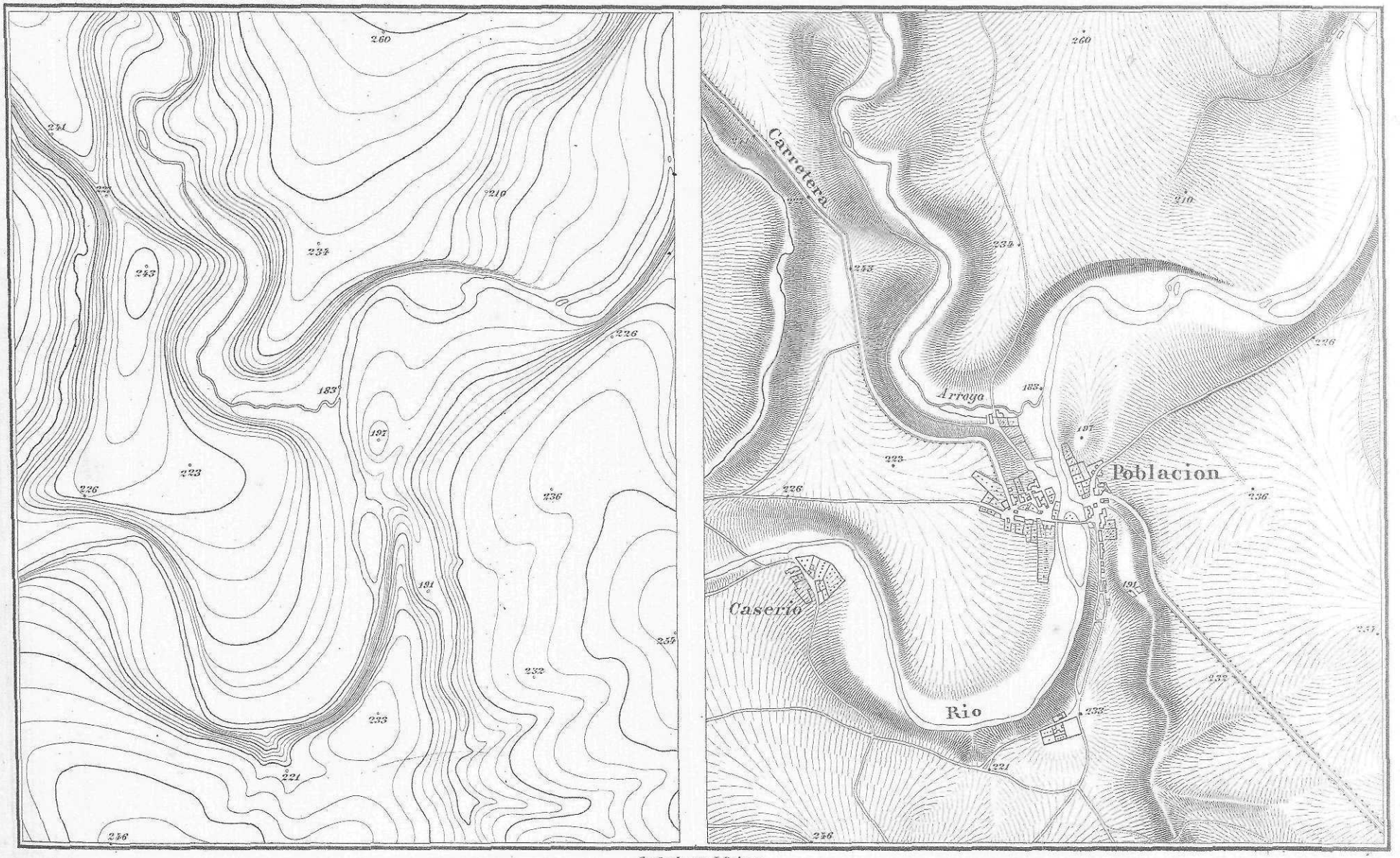
Grabado por J. Reinoso.

Escala de $\frac{1}{10.000}$

Equidistancia de 2,50 Metros

TOPOGRAFIA.

R. Arroquia – Escalas gráficas. Lám. 21.



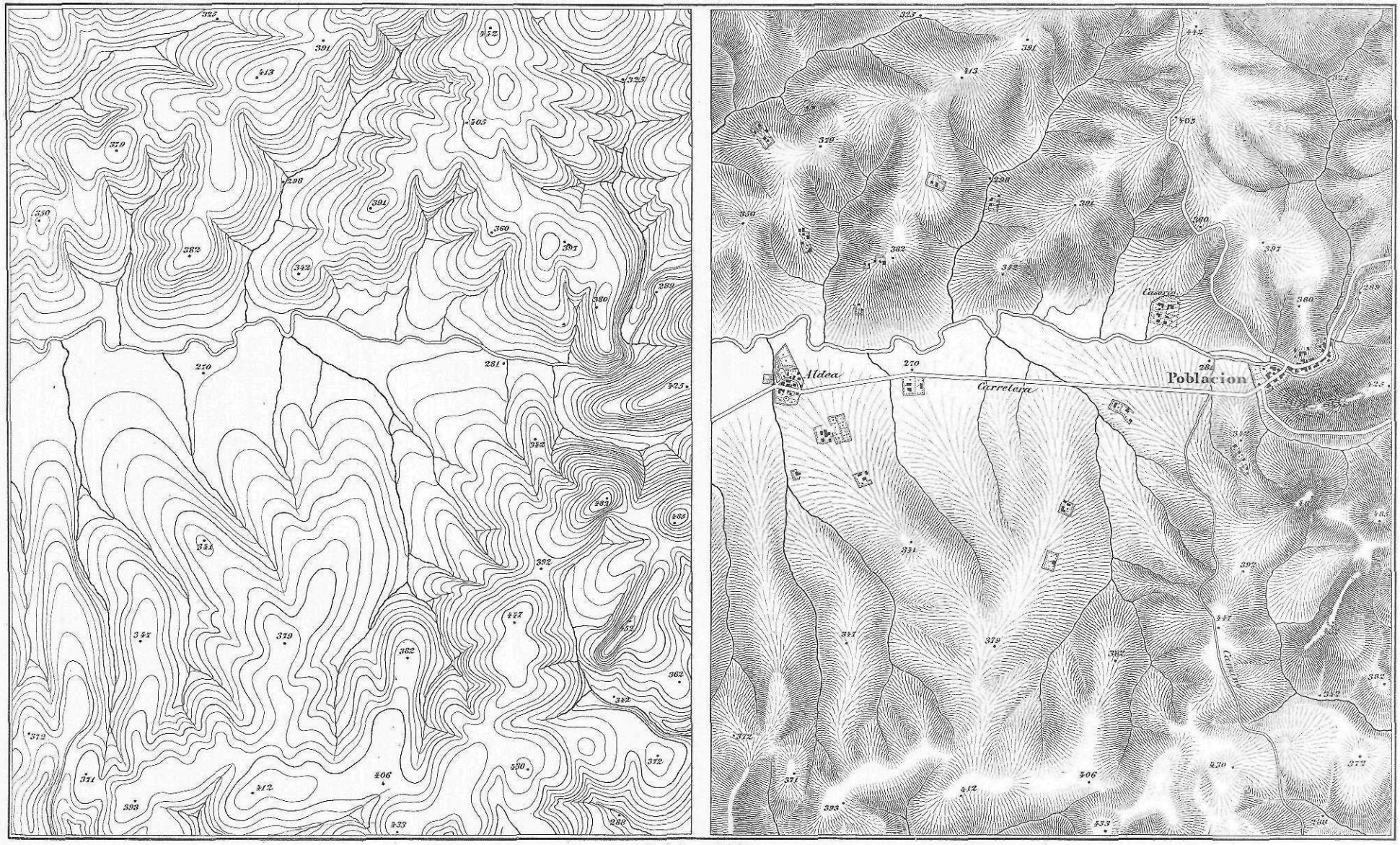
Grabado por J. Reinoso.

Escala de $\frac{1}{20.000}$.

Equidistancia de 5 Metros

TOPOGRAFIA.

R. Arroquia – Escalas gráficas. Lám. 22.

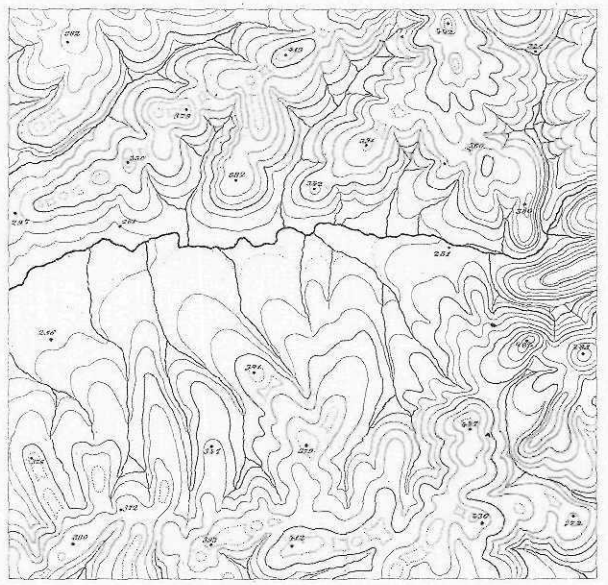


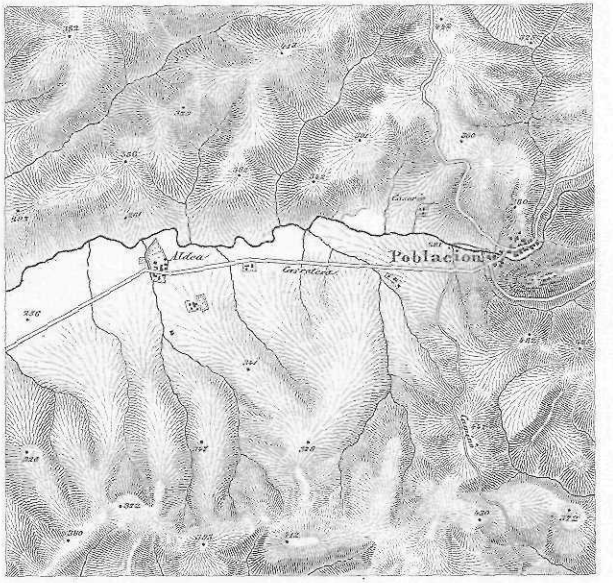
Grabado por J. Reinoso.

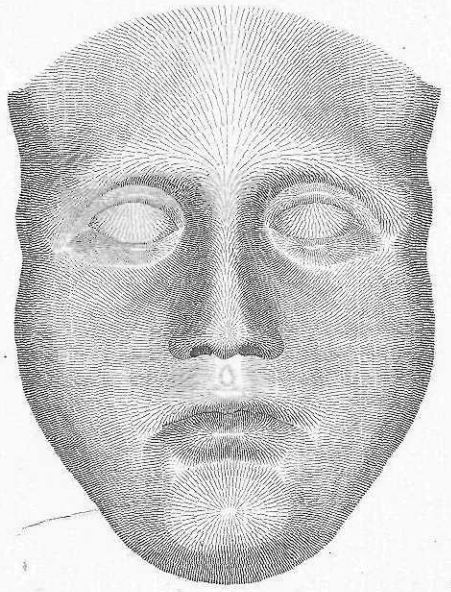
Escala de $\frac{1}{40.000}$

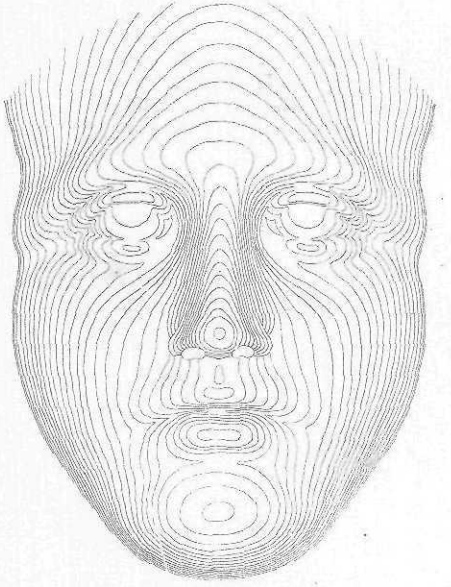
Equidistancia de 10 Metros.

R. Arroquia – Escalas gráficas.









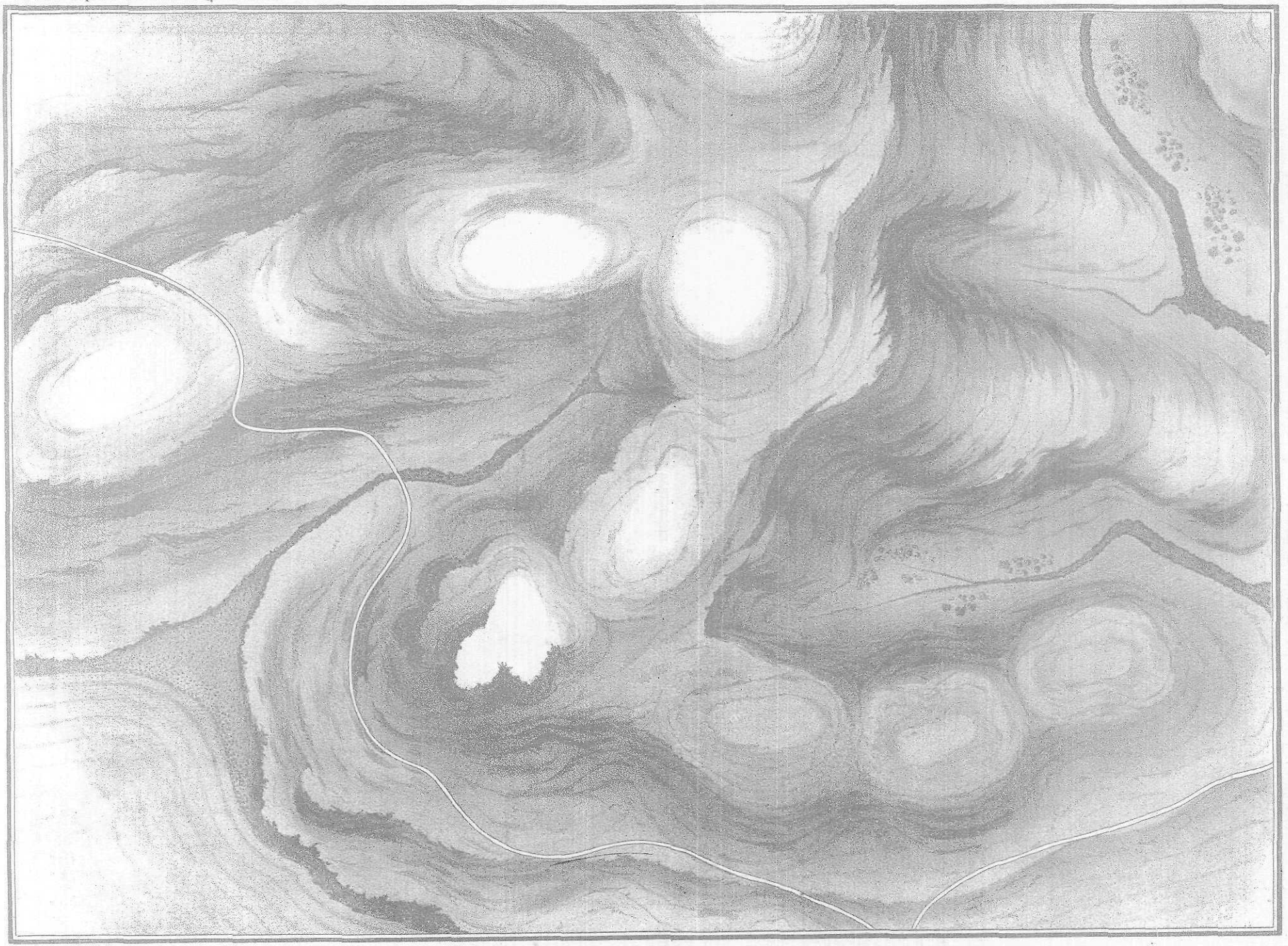
Escala de $\frac{1}{80.000}$.

Grabado por J. Reinoso.

Equidistancia de 20 Metros.

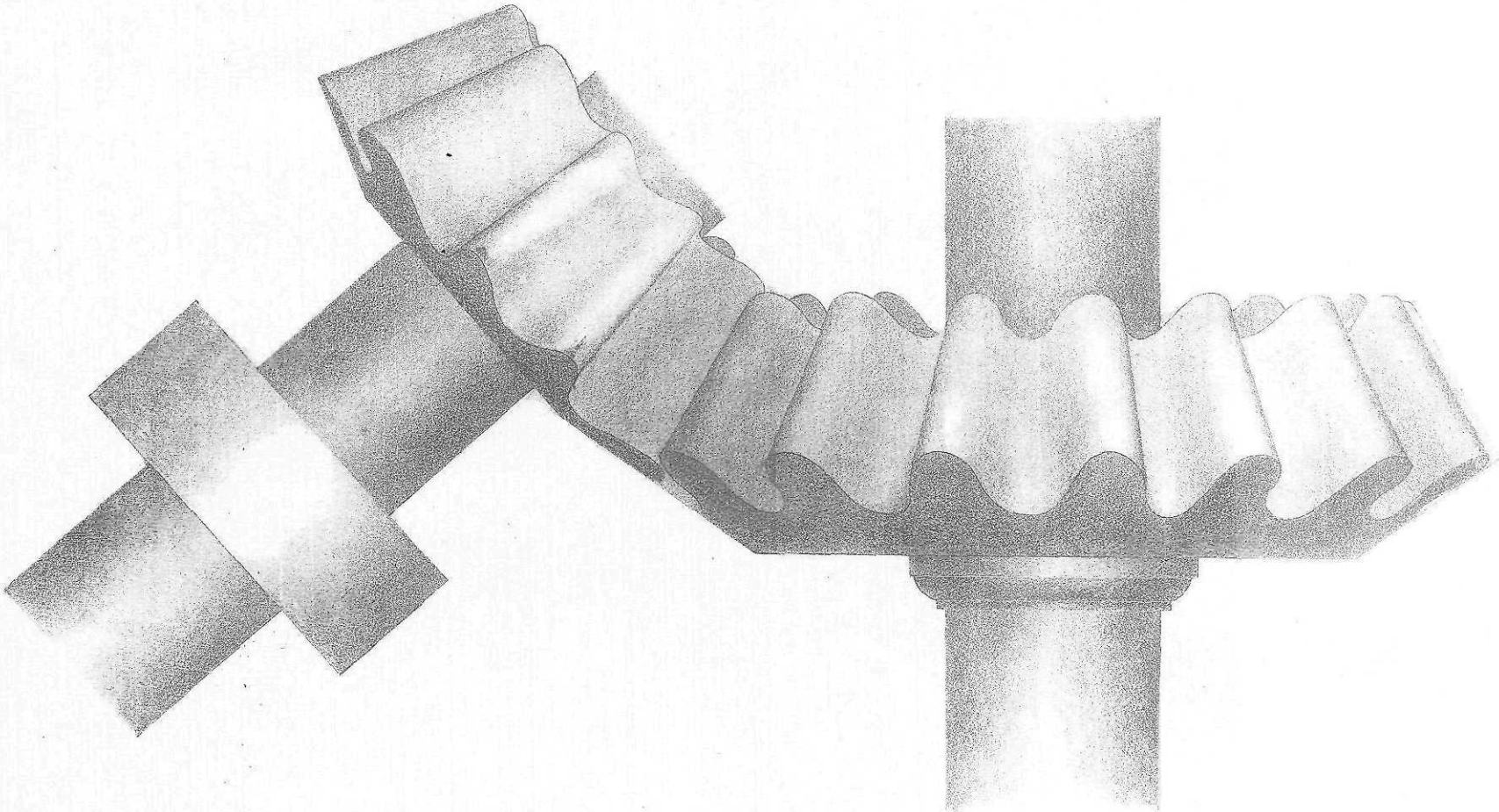
R Arroquia-Escalas graficas

Lam. 24

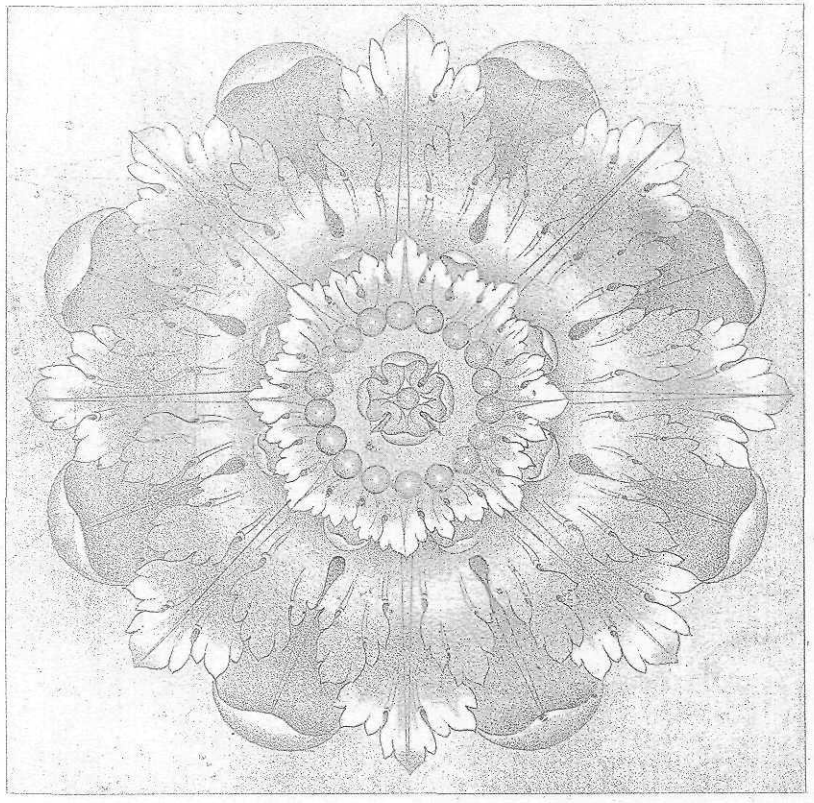


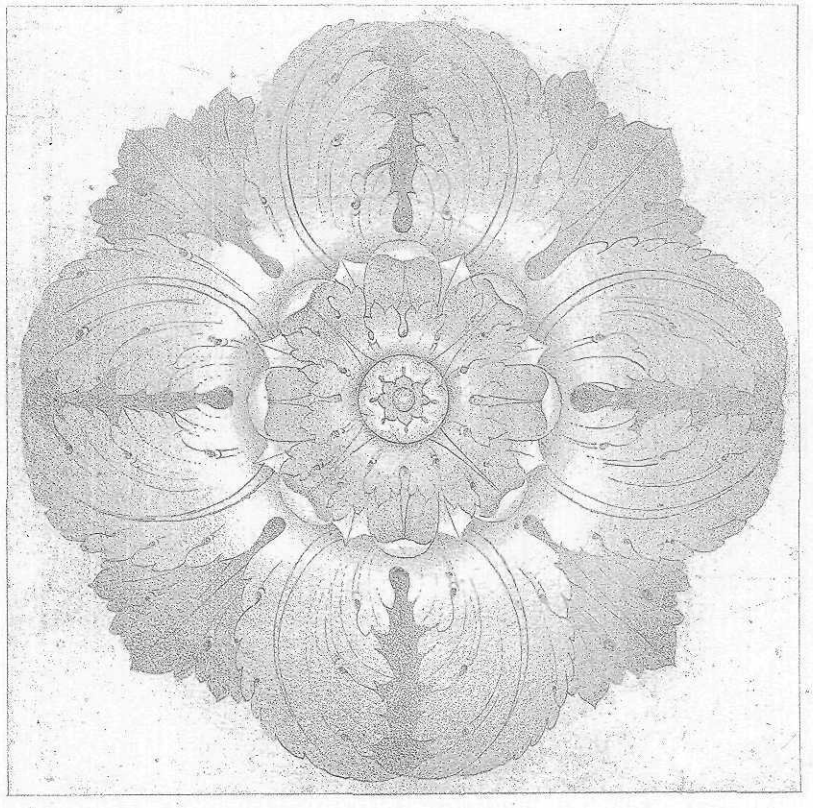
Escala · $\frac{1}{5,000}$

ENGRANAGE CÓNICO



CASETONES.

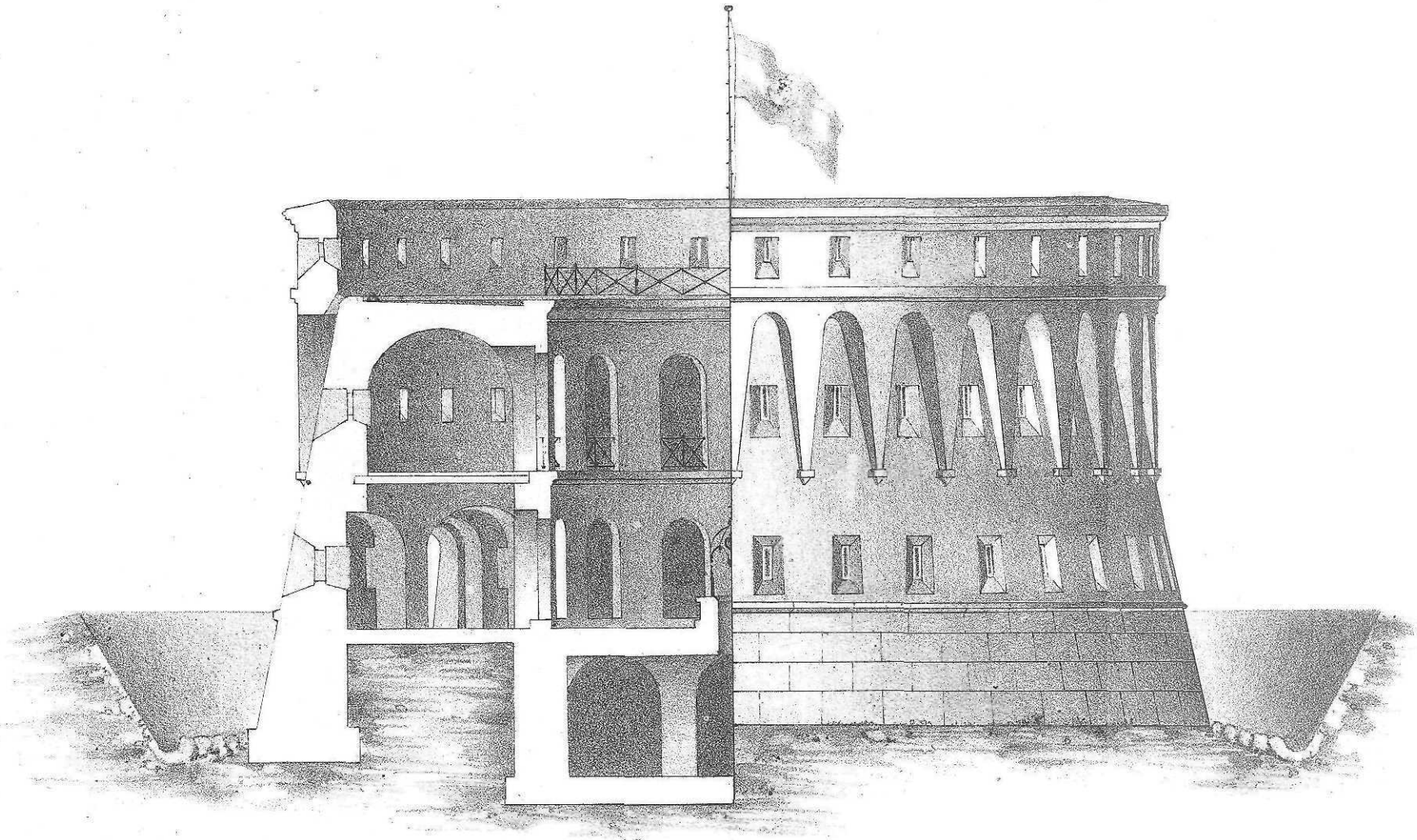




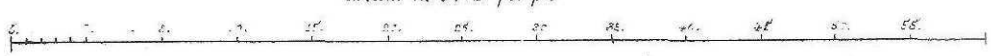
Juan F.ª Morales grabo

TORRE PARA FUSILERIA.

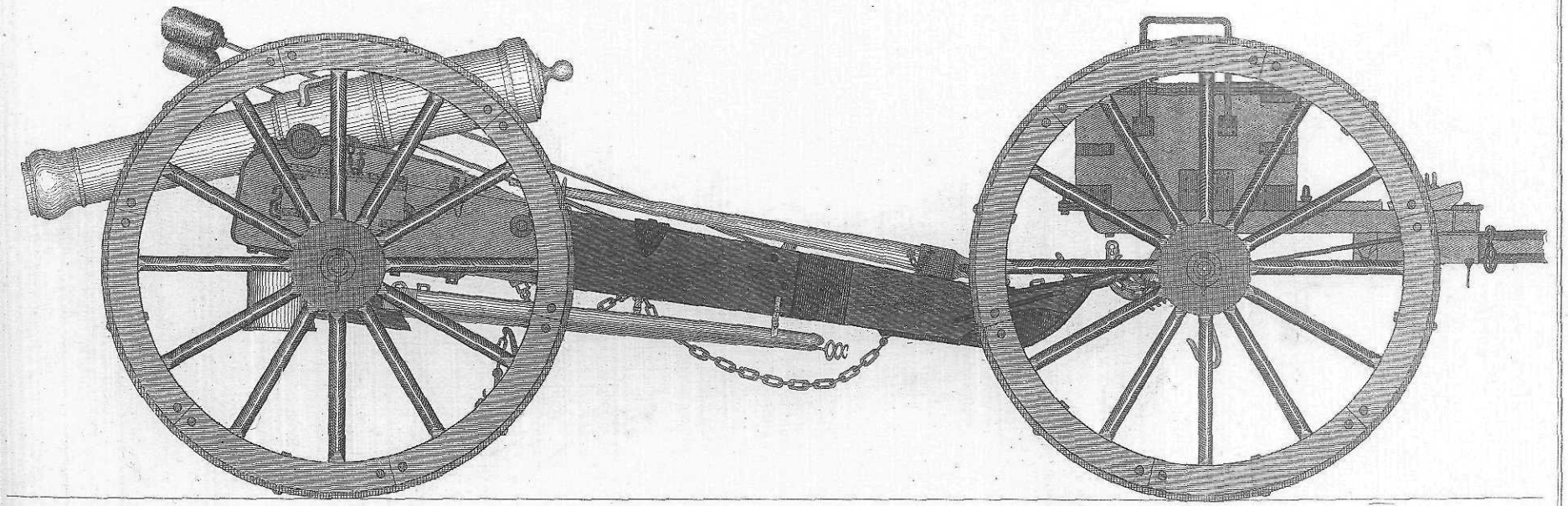
CONTRA LOS MOROS.



Escala de 0C01m por pie

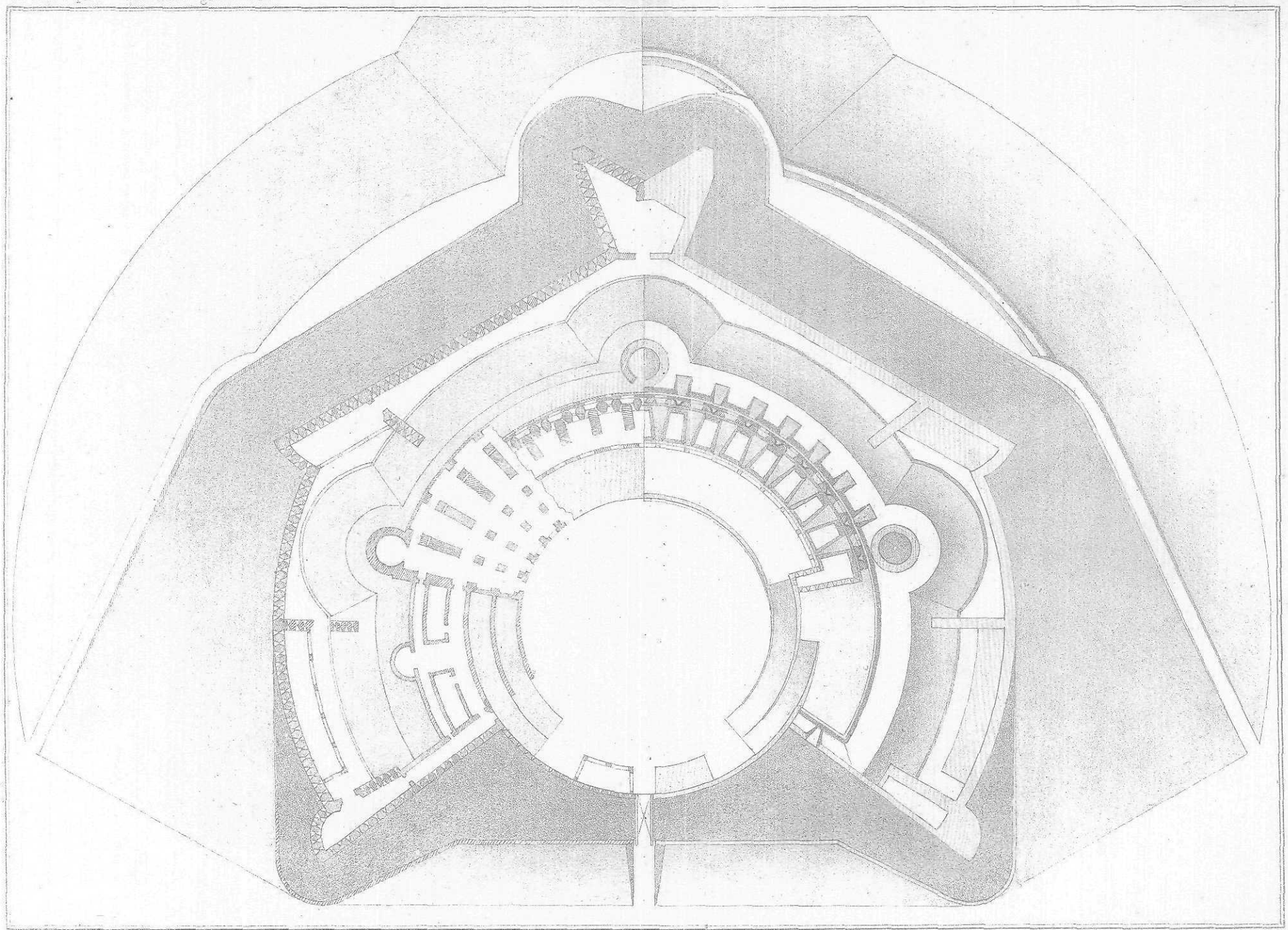


ARTILLERIA DE BATALLA



Julio. Cª Menaca. grabó.

FUERTE AVANZADO.



Escalas de 0 á 1 por 100.

0 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90

J.C. Merida

NUEVO APARATO DE MEDIR BASES.

Es propiedad del autor.

NUEVO APARATO

DE MEDIR BASES GEODESICAS,

por

DON CARLOS IBAÑEZ E IBAÑEZ,

CORONEL DEL CUERPO DE INGENIEROS;
DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS.

MEMORIA PREMIADA CON LA MEDALLA DE ORO,
en el concurso de 1868.

MADRID.
Imprenta del Memorial de Ingenieros.
1869.

EPIGRAFE.

« *Non basta che la misura possa riuscire*
» *molto precisa, bisogna che anche si possa*
» *aver tale senza notabile incomodo, con*
» *discreta facilità e sicurezza.* »

SECCHI.

DIRECCION GENERAL DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO.=El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, en 22 del actual, me dice lo que sigue:=«Excmo. Sr.:=En vista del escrito de V. E. de 21 de Noviembre último, en el que participa que en el concurso de memorias científicas escritas por Oficiales del Cuerpo del cargo de V. E., correspondiente al año actual, ha sido premiada por unanimidad la que lleva por título *Nuevo aparato de medir bases geodésicas*, escrita por el Coronel de Ingenieros D. Cárlos Ibañez é Ibañez de Ibero, indicando V. E. la gran importancia del problema resuelto en dicha memoria, la indisputable ventaja científica y práctica que envuelve el aparato que en ella se describe, el cual resulta muy superior para medir bases á cuantos existen y llevan el nombre de sus inventores; he tenido por conveniente disponer, de conformidad con lo propuesto por V. E., que como justo galardon del trabajo de que se trata, resultado de la acreditada inteligencia y laboriosidad del mismo, se denomine oficialmente el nuevo aparato sobre que versa la indicada memoria «*Aparato Ibañez,*» debiendo V. E. manifestar al interesado, que el Gobierno provisional ha visto con singular aprecio este nuevo testimonio de sus constantes, difíciles y aprovechados estudios =Lo digo á V. E. para su conocimiento y demás efectos.»=Lo que traslado á V. S. para su conocimiento, complaciéndome en manifestar á V. S. por mi parte la satisfaccion con que he visto esta prueba que V. S. ha merecido del Gobierno provisional por su constante celo, inteligencia y aplicacion.=Dios guarde á V. S. muchos años. Madrid 28 de Diciembre de 1868.=Echagüe.=Sr. Coronel de Ingenieros, D. Cárlos Ibañez.

ADVERTENCIA PRELIMINAR.

Largo tiempo he vacilado, ántes de resolverme á presentar esta Memoria en el concurso anual que celebra el Cuerpo á que tengo la honra de pertenecer. Prescindiendo del fundado recelo que siempre experimento al someter mis trabajos á la ilustrada censura de Jefes y compañeros, existia para mi en el caso presente, dada la materia que me propongo tratar, la duda de si ésta es adecuada al ob-

jeto del concurso; de si es del dominio del Ingeniero militar, en su difícil y variado servicio.

Indicaré las principales razones que por fin han producido en mi ánimo el convencimiento de que nuestra profesion abraza oficialmente el estudio y aplicaciones de la geodesia. Es la primera, la extension que en la Academia de Guadalajara se dá á esta enseñanza y los numerosos medios materiales, sábiamente reunidos, para que la práctica de las observaciones alcance allí la perfeccion que debe tener: programa teórico y ejercicios prácticos superiores á los de casi todas nuestras Escuelas civiles y militares, é iguales cuando ménos á los de aquellas que más atencion consagran á estos estudios. Por otra parte, al emprender los vastos trabajos geodésicos, fundamento del Mapa de nuestro país, se confió su direccion al sábio Brigadier del Cuerpo D. Fernando García San Pedro; habiéndole secundado en esta comision varios Ingenieros militares que, desde hace quince años, comparten tan honrosa carga con distinguidos Oficiales de Artillería y Estado Mayor. Y por último: hay una prescripcion oficial en el Reglamento de la Brigada Topográfica, previniéndole que se halle dispuesta á ejecutar los trabajos geodésicos que el Gobierno decida encomendarle.

Justificada, en mi concepto, la presentacion de este escrito en el concurso, debo manifestar que difiere notablemente de esas brillantes Memorias dadas á luz en casos análogos por algunos de nuestros compañeros, dedicados

al estudio de la fortificacion, ó de otros ramos que ofrecen dilatado campo á su talento, obligándoles á penetrar en la region de las grandes cuestiones que han sido en todos tiempos objeto de controversia. Mi tema es, por el contrario, sumamente concreto y descarnado; pero si no se presta á un alarde de ingenio y de saber, en que hubiera quedado yo muy mal parado, tiene tal importancia que de adoptarse las ideas y los medios materiales que juzgo útil emplear, queda reducida á breve y sencillísima operacion, al alcance de simples sargentos ó cabos del ejército, lo que en la práctica de la alta geodesia exigia largo tiempo á numeroso y científico personal.

Al escribir estas páginas, me propongo en primer lugar acudir, en la forma que mis fuerzas lo permiten, al llamamiento hecho por el Excmo. Sr. Ingeniero General; y despues presentar al Cuerpo de Ingenieros un pensamiento que si obtuviese su aprobacion quedaría en el hecho revestido de la autoridad que ahora le falta, sirviendo el fallo favorable como para levantar acta del asunto; lo que siempre es grato al que ocupa sus vigilias en estudiar alguno de los ramos del saber humano.

Réstame recordar que me dirijo á personas versadas en las ciencias físico-matemáticas; razon por la cual omito definiciones, y demostraciones de fórmulas que, por conocidas, he considerado inútil reproducir.

INTRODUCCION.

Desde el origen de las triangulaciones, como medio de representar con exactitud una grande extension de terreno ó de averiguar la forma y dimensiones del planeta que habitamos, siempre se ha reconocido el importante papel que la medicion de bases representa, y la grande influencia que el error cometido en esta operacion fundamental tiene en todo el trabajo que con ella se relaciona. Pero cuando au-

menta sobremanera el valor de las bases, es al perfeccionarse los goniómetros; porque no siendo ya de temer los grandes errores angulares que se cometian en la infancia de la geodesia, interesa mucho más la precision de la línea de partida cuyo error, áun suponiendo una exactitud absoluta en los ángulos, se ha de reproducir tomando cada vez mayores dimensiones. Así es que las reglas de madera puestas directamente en contacto, que á mediados del pasado siglo consideraban todavía los astrónomos franceses como sistema suficientemente exacto, se ven reemplazadas sesenta años despues por el aparato del marino Borda, al que han seguido el que se debe al General Tenner, el del Coronel de Ingenieros Colby, otros dos que llevan los nombres ilustres de Bessel y Struve, y por último el de la Comision del Mapa de España que, tras laboriosa campaña de observaciones, ha dado en exactitud los más satisfactorios resultados.

Además de estos instrumentos de medicion lineal, empleados en operaciones geodésicas de la mayor importancia y de reconocida exactitud, otros muchos han sido imaginados, casi todos se han llegado á construir y siempre se ven unidos á ellos los nombres de personas notables por sus trabajos científicos como son, entre otros, los de Zach, Plana, Reissig, Hassler, Porro y Faye: esto demuestra la atencion constante que, en los recientes adelantamientos de la ciencia, se ha prestado á la cuestion que me sirve de tema.

Conviene, sin embargo, examinar si despues de todo lo que se ha hecho no seria posible avanzar algun tanto: no con respecto á exactitud, que sobre esto se ha ido más allá de lo indispensable, sino con relacion á la sencillez de objetos y operaciones y, por consecuencia, á la facilidad de transportes, á la posibilidad de utilizar personal subalterno que carezca de estudios científicos y finalmente á la rapidez de los trabajos de observacion y cálculo en virtud de la cual sea dable repetir las mediciones; lo que, á la verdad, es casi impracticable con los últimos aparatos cuyo manejo, despues de algunas semanas de uniformes y minuciosas observaciones, fatiga el ánimo de tal suerte que no hay quien intente comenzar de nuevo tan enojosa operacion. Planteado el problema en este terreno, no vacilo en afirmar que puede tener una nueva solucion más satisfactoria que todas las que hasta el dia ha recibido, y que por mi parte he caminado una jornada en esa direccion, como me propongo en breve demostrar.

Para conseguirlo, comenzaré por dar una idea de lo que son los principales métodos empleados en la medicion de bases geodésicas, expresando el grado de exactitud alcanzado con cada uno de ellos, el tiempo empleado en las operaciones y el personal necesario tanto para la observacion como para el servicio. Expondré despues extensamente el sistema que propongo para lo sucesivo, y las sencillas fórmulas á que da lugar; indicando el procedimiento expedito y suficientemente exacto para determinar el coefi-

ciente de dilatacion lineal de la pieza con que se mide, así como la manera de conocer en cualquier momento su longitud absoluta, con relacion á la unidad de medida, á fin de expresar la extension de las bases en funcion de esta unidad. Terminaré mi trabajo con una breve comparacion entre los diferentes aparatos citados en el curso de esta Memoria.

Conozco cuán difícil es fallar en asunto de esta clase, aunque se tenga á la vista la descripcion de las diferentes partes que componen el todo que se propone, sus relaciones, la manera de funcionar de cada una de ellas y la forma general del conjunto: el crisol de la experiencia es quizás el principal elemento entre los que se deben consultar, por cuya causa he diferido la presentacion de este trabajo hasta tanto que me ha sido posible allegar resultados numéricos, obtenidos por el sistema que propongo, los cuales hallará el lector menudamente expuestos, como es práctica en las publicaciones modernas, para que por sí mismo llegue á los valores finales, si así lo juzga conveniente.

CAPITULO PRIMERO.

IDEA GENERAL DE LOS PRINCIPALES APARATOS.

No es mi ánimo remontarme á las primeras mediciones efectuadas en Europa y América; ni áun á las operaciones fundamentales del Mapa de Francia por los Cassini, en las cuales se midieron diez y ocho bases con simples reglas puestas en contacto: me propongo tan sólo reseñar las diferentes combinaciones hechas con objetos destinados á medir, á caminar en una alineacion, á determinar la pendien-

te, á conocer la temperatura de lo que sirve de medida y á fijar en tierra el término del trabajo, combinaciones ó conjuntos de instrumentos más ó ménos complicados que han recibido el nombre de aparatos de medir bases.

Los sábios astrónomos y matemáticos que en aquellos trabajos se ocuparon, carecian por completo de medios adecuados para dar á sus mediciones lineales grande exactitud; pero su habilidad suplió hasta cierto punto la falta de instrumentos, habiendo obtenido ya en 1740 resultados cuyo *error probable* calcula un conocido astrónomo francés en $\frac{1}{50.000}$ de la longitud medida.

APARATO DE BORDA.

Puede decirse que éste es el primer aparato de medir bases propiamente llamado así, pues no debe darse tal nombre á las reglas de madera ó de hierro puestas en contacto, á los tubos de vidrio usados en Inglaterra, ni áun á la cadena de acero imaginada por el General Roy, y admirablemente construida por Ramsden.

El célebre marino imaginó cuatro reglas (1) que debian colocarse en la alineacion de la base, dejando entre ellas pequeños intervalos que se median con unas reglitas ó lengüetas divididas; formando cada regla de dos barras de diferente metal, podia tener en cuenta la temperatura, por

(1) *Base du système métrique décimal*, tomo II. Paris, 1807.

la diferencia de dilatacion de ambos metales; y conociendo sus coeficientes de dilatacion lineal determinaba la longitud de las reglas en sus diferentes posiciones, reduciendo éstas á la horizontal con las indicaciones de un nivel.

Cada regla se compone de una barra de platino de dos toesas de longitud y de $0^m,015$ por $0^m,002$ de seccion transversal, que sirve más directamente para medir. Sobre ella descansa otra de laton algo más corta, hallándose unidas ambas en uno de sus extremos por medio de tornillos. Hácia el extremo opuesto tiene la última una canal en la que puede correr una reglita dividida, sujeta á la barra de platino; y por medio de un nonio trazado en la de laton puede apreciarse la diferencia de dilataciones de las dos barras con una aproximacion de $\frac{1}{200.000}$ de la longitud de la regla ó próximamente dos centésimas de milímetro. El intervalo entre cada dos reglas consecutivas se determina con una lengüeta de platino que resbala en una corredera á lo largo de la barra del mismo metal y con el auxilio de otro nonio que da la misma apreciacion que el anteriormente citado. Una vigueta de madera sirve de apoyo á la barra de platino, la cual se halla en contacto con unas pequeñas piezas de laton que la mantienen recta, si bien le dejan la libertad necesaria para dilatarse ó contraerse. Cinco apoyos fijos en la vigueta sostienen una cubierta de madera, que impide la accion directa de los rayos solares, presentando en su parte superior dos pínulas que sirven para la alineacion.

La vigueta se coloca sobre dos soportes de hierro, cada uno de los cuales tiene tres tornillos de apoyo que permiten dar á la regla la conveniente posicion para el juego de las lengüetas. Esto exige que las reglas tengan muy poca inclinacion, lo que se consigue elevando unas veces los soportes y desmontando otras el terreno. Para reducir las reglas al horizonte se mide su inclinacion con un nivel de albañil en el cual la plomada se reemplaza por una regla giratoria terminada por un nonio, que recorre un arco graduado, y que tiene un pequeño nivel de aire cuya burbuja se lleva á una posicion determinada, debiendo invertirse el nivel para hacer en cada posicion de regla dos lecturas del arco graduado.

Las referencias al fin de dia, lo mismo que los principios de medicion, se hacen con la plomada.

Sabido es que con este aparato se midieron por Delambre en 1798 las bases de Melun y de Perpiñan para el arco de meridiano de Dunkerque; y que despues se ha empleado en los años de 1804, 1823, 1825, 1826 y 1827 por los Coroneles de Ingenieros geógrafos Henry, Bonne, Brousseaud, Coraboeuf y Comandante Delcros en las de Ensisheim, Plouescat, Burdeos, Gourbera y Aix (1), en que se apoya, así como en las dos primeras, la gran triangulacion

(1) *Base du système métrique décimal.* Paris, 1806, 1807, 1810.

Nouvelle description géométrique de la France, formant les tomes VI, VII et IX du *Mémorial du Dépôt général de la Guerre.* Paris, 1832, 1840, 1853.

Mesure d'un arc du Parallèle moyen entre le Pole et l'Equateur. Limoges, 1839.

que cubre toda la superficie de Francia. Pero de las cuatro reglas sólo tres se han usado por los Ingenieros geógrafos, quedando la número 1 depositada en el Observatorio astronómico de Paris, para servir de *módulo* ó tipo de comparacion en el cálculo de las bases geodésicas. Al Jefe de la operacion han acompañado, cuando ménos, otros dos buenos observadores, un sargento y 15 soldados escogidos; siendo en el caso más favorable de 60 metros por hora la velocidad de medicion. De todos los trabajos hechos por este procedimiento, se deduce que el *error probable* de medicion es de $\frac{1}{200.000}$: progreso muy notable debido exclusivamente á los medios materiales que Borda imaginó.

APARATO DE TENNER.

La medicion se hace con cuatro reglas de hierro forjado, cada una de las cuales tiene (1) 14 piés ingleses de longitud, y su seccion transversal 0,85 por 0,30 de pulgada. Una vigueta de $3\frac{1}{2}$ por $4\frac{1}{2}$ pulgadas sirve de apoyo á la regla, la cual se halla en cierto modo resguardada de la accion directa del sol, por medio de un liston que sostiene unas tiras de lienzo clavadas por ambos lados á la vigueta. La regla se halla unida invariablemente á ésta por una de sus extremidades, quedando en libertad de dilatarse ó con-

(1) *Arc du Méridien de* 25° 20′ *entre le Danube et la Mer Glaciale*. Saint-Pétersbourg, 1857, 1860.

traerse por los cambios de temperatura. La otra extremidad lleva una lengüeta, dividida en centésimas de pulgada, movible en una corredera y cuya posicion se conoce por medio de un nonio que permite apreciar directamente las milésimas de pulgada. Por lo tanto la operacion es análoga á la que exige el aparato Borda: puestas las cuatro reglas, una á continuacion de otra, de suerte que haya un pequeño intervalo entre cada dos consecutivas, se mide éste con las correspondientes lengüetas que se mueven hasta ponerse en contacto con el canto ó extremo de la regla inmediata.

La temperatura que se adopta para cada regla es la que indica un solo termómetro de mercurio colocado en el medio y en contacto con el metal.

Para conocer la inclinacion, hay hácia uno de los extremos de cada regla un nivel de aire sujeto á un brazo metálico, giratorio por medio de un piñon que engrana en una pieza dentada, leyéndose el ángulo recorrido, en el correspondiente arco graduado.

La alineacion de las reglas se obtiene valiéndose de pequeños anteojos fijos en sus extremos; y las referencias del fin del trabajo al terreno y de éste al aparato, cuando se comienza la operacion del dia, se hacen simplemente con la plomada.

Al medir el General Tenner en 1820, 1827 y 1838 las tres bases con el aparato que lleva su nombre, ejecutaba por sí mismo las operaciones más delicadas como son la

colocacion de la primera regla sobre el punto de partida y la determinacion del de llegada al fin del dia, durante el cual verificaba los contactos de cada lengüeta con la regla siguiente asi como las lecturas de los nonios, las de los termómetros y las del nivel en todas las posiciones de las reglas. Necesitaba, sin embargo, para evitar errores de lectura, para la alineacion y demás operaciones que exigen inteligencia, cuatro colaboradores pertenecientes á la clase de Oficiales facultativos, dos sargentos y un personal de 40 hombres de servicio.

La velocidad de medicion fué de unos 80 metros por hora y el *error probable* de $\frac{1}{500.000}$ de la longitud medida. Ninguna de las tres bases se midió dos veces á causa sin duda de su mucha extension; puesto que la más corta tiene cerca de cinco kilómetros, y pasa de 11 la más larga.

APARATO DE COLBY.

Con el fin de emplear reglas que no sufriesen cambio alguno de longitud á consecuencia de las variaciones de temperatura, imaginó el Coronel de Ingenieros inglés Colby un aparato sumamente ingenioso, pero que en la práctica deja mucho que desear, primero por no realizarse la compensacion de las reglas y por otra parte respecto á sencillez y velocidad; siendo la precision alcanzada poco mayor que la obtenida por el General Tenner, con su aparato ménos costoso y de más fácil manejo.

Seis reglas se emplean en la medicion (1), las cuales se colocan en la línea y perfectamente niveladas, constituyendo un todo independiente de unos 19 metros de largo, que viene á formar como una sola regla. Al cambiar de posicion la primera es indispensable saber si las seis podrán continuar al mismo nivel que ocupaban, pues de lo contrario hay que disponerlas en un escalon, para lo cual no puede evitarse la referencia al terreno como si se terminase el trabajo del dia y se volviese á comenzar al siguiente. Esta manera de medir, por escalones horizontales, trae consigo el inconveniente de emplear trípodes de diferentes alturas, y á veces unos encima de otros con perjuicio de la estabilidad y principalmente de la rapidez del trabajo.

Cada regla está formada por dos barras de 10 piés ingleses de largo, una de hierro forjado y la otra de laton, unidas en sus respectivos puntos medios de suerte que las dilataciones puedan verificarse libremente hácia sus extremidades, en las cuales tienen unida, por medio de articulaciones, una pequeña palanca transversal. Esta se prolonga por el lado en que se halla la barra del metal ménos dilatable, y su longitud se determina de tal suerte que las distancias de un punto marcado en su extremo al eje de cada una de las articulaciones, estén en la misma relacion que los coeficientes de dilatacion de los respectivos metales

(1) *Ordnance Survey. An account of the measurement of the Lough Foyle base in Ireland, with its verification and extension by triangulation etc.* London, 1847.

de las barras. Cualesquiera que sean los cambios de temperatura, los dos puntos de los extremos de las palancas deberian permanecer á la misma distancia si no fuese tan difícil realizar esta disposicion con la exactitud que se requiere; pero la práctica demostró que era preciso hacer una correccion que se determinó experimentalmente á diferentes temperaturas, lo cual introdujo en la medicion el uso del termómetro ordinario.

Las dos barras se hallan colocadas al lado una de otra, sobre dos rodillos, dentro de una caja de madera que descansa en dos soportes; pudiendo descubrirse los puntos de palancas para la observacion. Un nivel de aire fijo en reccion de la regla, sirve para dar á ésta la posicion horizontal, valiéndose además de otros accesorios que retardan la operacion.

Entre cada dos reglas queda un intervalo de unas seis pulgadas que se mide con el auxilio de seis dobles microscopios que forman otros tantos instrumentos separados. Cada uno de éstos consta de dos microscopios paralelos unidos entre sí por una pieza de laton próxima á los oculares y otra de hierro forjado inmediata á los objetivos, de manera que las distancias de los focos á los puntos de sujecion se hallan en la misma relacion que las dilataciones de ambos metales. Esta disposicion de los focos, análoga á la adoptada para las reglas, los haria permanecer á una distancia invariable para todas las temperaturas, si el instrumento se hallase construido con toda precision; pero

no es fácil alcanzar ésta en la práctica á pesar de la habilidad y esmero de los constructores. En medio de los dos microscopios, hay un anteojo paralelo á ellos que sirve para referir á un punto del terreno el fin de la parte medida á una cierta altura, cuando la pendiente obliga á cambiar de plano horizontal. Este anteojo gira dentro de un eje hueco y puede ponerse vertical por medio de los tres tornillos de apoyo del instrumento, valiéndose de las indicaciones de un nivel que tiene unido. Otro anteojo que lleva el mismo instrumento tiene por objeto situar los ejes ópticos de los dos microscopios en el plano vertical de la base, lo que se consigue dirigiéndolo á una de las miras lejanas que sirven de direccion.

Este instrumento ó sistema de microscopios y anteojos se coloca sobre una de las extremidades de cada regla, para lo cual tienen éstas una pieza triangular dispuesta al efecto, de manera que uno de los microscopios coincida con el punto fijo de la misma. Si en esta disposicion se hace marchar la regla siguiente hasta que su punto fijo venga á observarse con el otro microscopio, ya estarán unidas las dos del mismo modo que deben quedar las seis para que la longitud medida con ellas sea igual á la suma de reglas é intervalos de microscopios.

La alineacion se hace con un anteojo montado como instrumento de pasos, situado á conveniente distancia; y las reglas se traen á la direccion determinada por aquel, valiéndose de unas pínulas colocadas sobre sus ca-

jas y con los movimientos laterales que permiten los soportes.

Prescindo de otros varios accesorios que comprende tan complicado aparato, como son un comparador portátil para determinar la distancia entre los ejes ópticos de cada par de microscopios, dos mecanismos diferentes para referencias al terreno, durante la medicion uno y el otro al terminar el trabajo de cada dia, y paso desde luégo á indicar los resultados que ha dado en la práctica de la medicion.

El mismo Coronel Colby, cuatro Capitanes y un Teniente de Ingenieros, auxiliados por tres sargentos y unos 50 hombres de servicio, midieron en Irlanda (1) durante los años 1827 y 1828 una base de 12.700 metros que con la remedicion de algun pequeño trozo llegó á 13.354, en cuya operacion invirtieron 95 dias útiles de trabajo; resultando, por lo tanto, que en cada dia solo median 140 metros. Otro aparato exactamente igual sirvió en la India al Coronel Everest (2) para medir las bases de Dehra en 1834 y 1835, de Seronj en 1837 y 1838, y de Beder en 1841. La primera, de 11.943 metros fué medida dos veces y las otras dos, de 11.716 y 12.682 metros, una sola vez. Siete observadores experimentados, entre Oficiales de Ingenieros y

(1) *Ordnance Survey. An account of the measurement of the Lough Foyle base in Ireland, etc.*

(2) *An account of the measurement of two sections of the meridional arc of India, bounded by the parallels of* 18° 3′ 15″; 24° 7′ 11″; & 29° 30′ 48″. London, 1847.

Ayudantes del Observatorio, tomaron parte en cada operacion, habiendo llegado á 65 el número de hombres destinados al servicio del aparato y sus accesorios. La velocidad de medicion fué tan sólo de 34 metros por hora y el *error probable* puede valuarse para todos los trabajos hechos por este procedimiento, tanto en Irlanda como en la India, en $\frac{1}{400.000}$ de la longitud medida. Sólo una de las bases fué, como se ha dicho, medida por entero segunda vez; habiéndose remedido en las otras un trozo que sirvió de partida á una red trigonométrica de comprobacion.

APARATO DE STRUVE.

Al mismo tiempo que Colby medía la primera base con su nuevo aparato, empleaba Struve el suyo. Se compone éste de cuatro reglas ó barras de hierro forjado cuyas dimensiones son (1) 12 pies franceses de longitud y 15 líneas el lado de su seccion cuadrada. Una de las extremidades de cada regla lleva una pieza de acero templado, que termina en superficie ligeramente convexa y muy bien pulimentada. El otro extremo tiene adaptada invariablemente una palanca giratoria, cuyo brazo más corto termina por una semi-esfera de acero pulimentado, que sirve para el contacto con la regla inmediata, y el más largo, de 54 lí-

(1) *Beschreibung der Breitengradmessung in den Ostseeprovinzen Russlands.* Dorpat, 1831.

Arc du Méridien de 25° 20′ *etc.*

neas, tiene un índice que recorre el correspondiente arco graduado, en el que se lee la distancia á la regla inmediata, partiendo de una division que indica la longitud normal de aquella. De suerte que las cuatro reglas se van colocando á continuacion y cada una se aproxima á la anteriormente establecida hasta que tiene lugar el contacto, en cuyo caso se lee en el arco la division que indica la correccion que se debe introducir en la suma de la longitud normal de ambas reglas.

La consecuencia de esta disposicion es tener que comparar con mucha frecuencia la longitud normal de cada regla, con un tipo que se lleva al campo y acompaña constantemente al aparato; pues si las palancas de contacto ó sus arcos de círculo sufren alteracion en el trasporte ó con el uso, desaparece por completo toda medida. La comparacion exige, como es consiguiente, un nuevo aparato especial que está fundado en el mismo principio del contacto medido en su mayor ó menor intensidad con la palanca giratoria; componiéndose además de otras piezas combinadas con mucho ingenio pero que constituyen un comparador de contactos como las reglas que le han dado origen.

Para conocer la temperatura, tiene cada regla dos termómetros de mercurio colocados perpendicularmente á su longitud.

Las reglas siguen la inclinacion del terreno, y por medio de un nivel portátil se toman los datos de reduccion al horizonte en cada posicion.

Un teodolito, usado como instrumento de pasos, sirve para la alineacion de las reglas, por medio de pínulas ordinarias; y para fijar en tierra el punto en que se finalice el trabajo del dia, se establece análogamente otro teodolito á unos ocho metros de la línea, y en la perpendicular levantada á ella en el término de la operacion. El mismo procedimiento se usa al dia siguiente al comenzar el trabajo, para referir á la primera regla el fin de la medicion en el dia anterior.

Con este aparato y utilizando el hábil concurso de los sábios astrónomos Struve, Selander, Sabler, Woldstedt, Lindhagen, Wagner y Prazmovski, del General Wrangell y de los Oficiales de Ingenieros Klouman y Napersnikow, se midieron, en los años 1827, 1844, 1845, 1848, 1850, 1851 y 1852, siete de las bases que comprende el arco de Meridiano entre el Danubio y el mar glacial; habiendo resultado el *error probable* general de $\frac{1}{1.200.000}$ de la longitud medida. A cada operacion concurrian generalmente cuatro observadores y diez hombres para el servicio.

Sin contar el tiempo empleado en las rectificaciones del aparato y en las diversas comparaciones con el tipo, se midieron unos 70 metros por hora y de las siete bases sólo una, la de Öfver-Tornea, se midió segunda vez; á pesar de que todas eran de corta extension, puesto que la más larga no llega á seis kilómetros y el promedio de todas ellas apenas pasa de tres y medio.

APARATO DE BESSEL.

Tambien este célebre astrónomo ha dado su nombre á un aparato de medir bases, que goza de grande estima en Alemania y que los belgas obtuvieron del gobierno prusiano autorizacion para emplear en sus trabajos geodésicos. Cuatro reglas se colocan á continuacion unas de otras (1) dejando entre ellas pequeños intervalos, que se miden por medio de unas cuñas de cristal convenientemente divididas.

Cada regla se compone de dos barras metálicas: una de hierro forjado, de dos toesas de longitud y de 12 lineas por 3 líneas de seccion transversal, y otra de zinc algo más corta, del mismo espesor y la mitad de la anchura que, colocada encima de la primera, forma con ella termómetro metálico, para lo cual están sólidamente unidas por uno de sus extremos quedando en libertad de dilatarse y contraerse por efecto de los cambios de temperatura, los cuales pueden determinarse por la diferencia de dilatacion de ambos metales. En las extremidades de la barra de zinc se hallan perfectamente soldadas y atornilladas á ella dos piezas de acero terminadas en forma de cuña cuya arista ha de quedar horizontal; y en uno de los extremos de la de hierro otra pieza, tambien de acero, pero que en vez de

(1) *Gradmessung in Ostpreussen und ihre Verbindung mit Preussischen und Russischen Dreiecksketten.* Berlin, 1838.

una tiene dos cuñas de arista vertical las cuales se hallan vueltas en sentido contrario. Una de estas aristas queda muy próxima y enfrente de la horizontal correspondiente á la barra de zinc de la misma regla, sirviendo, por lo tanto, para indicar la diferencia de dilatacion de las barras siempre que se mida el intervalo que media entre ambas aristas, lo cual se ejecuta con la cuña dividida de que se ha hecho mencion. La otra arista vertical, que forma el extremo de la regla, resulta en la medicion tambien muy próxima á la horizontal correspondiente á la barra de zinc, extremo de la regla inmediata, y por consiguiente puede determinarse el intervalo entre ambas reglas valiéndose de la misma cuña dividida.

Cinco de estas cuñas de cristal tiene el aparato y cada una de ellas contiene dos caras planas paralelas y otras dos que forman la cuña, cuya mayor anchura es de algo más de dos líneas y la menor de algo ménos de ocho décimas de línea, siendo de 41 líneas su longitud. Esta se halla dividida, sobre una de las caras paralelas, en 120 partes iguales por medio de trazos perpendiculares á la bisectriz del ángulo de la cuña, resultando de $\frac{1}{5}$ de línea próximamente el valor de cada division; y como en este pequeño intervalo varía el espesor de la cuña en $\frac{1}{100}$ de línea casi exactamente, resulta que se puede leer la centésima de línea; pero apreciándose con facilidad la quinta parte de la division, se aproxima la lectura hasta dos milésimas de línea. Para eliminar los errores de la division, se hizo un

estudio especial, construyendo la correspondiente tabla de correccion.

Cuando dos reglas se hallan una á continuacion de otra, se presenta siempre una arista horizontal enfrente de otra vertical, tanto para determinar la separacion de ambas reglas como para conocer su temperatura. Si se introduce cuidadosamente una de las cuñas resbalando á lo largo de la arista horizontal, hasta tanto que se verifique el contacto con la vertical correspondiente, ésta servirá de índice para verificar la lectura en la cara dividida. Tratándose del intervalo entre dos reglas consecutivas, esta lectura lo da directamente; y si la cuña se ha introducido entre dos aristas de una misma regla, la distancia entre ellas comparada con otras ya conocidas que mediaban á diferentes temperaturas, servirá para conocer la longitud absoluta de la regla en el momento de la operacion, teniendo en cuenta la temperatura acusada por las mismas barras metálicas y la comparacion que se haya hecho con el tipo de medida.

La barra de hierro descansa sobre siete pares de rodillos giratorios que, por medio de otras piezas intermedias, están fijos á una caja de madera en la que se apoya todo el sistema y que por sus extremidades deja salir la regla para poder efectuar la medicion. Las reglas siguen las inclinaciones del terreno, las cuales se miden con un nivel de aire que cada una lleva en su parte superior. Para la alineacion se hace uso de un pequeño teodolito, colocado siempre delante de las reglas, y las cajas de éstas tienen un trazo pin-

tado que le sirve para hacer sus señales al encargado de aquella operacion.

Al terminar el trabajo del dia hacia uso Bessel de una simple plomada para referir al terreno la extremidad de la última regla; pero en Bélgica sustituyeron á este defectuoso medio una pequeña barra de acero terminada, como las reglas, en cuñas con filo agudo, uno horizontal, y vertical el otro. Esta barra se sujeta con anticipacion á dos columnas de hierro fundido y viene á quedar á la altura de las reglas, pudiendo correrse á lo largo de la base y asegurarse en la posicion que convenga, por medio de tornillos. Fácilmente se comprende que con esta barra de acero y el auxilio de las cuñas de cristal, puede dejarse una referencia para comenzar al dia siguiente, con tal de que se conozca la longitud de la misma barra, la cual se determina por comparacion con el mayor cuidado. La barrita de acero y las dos columnas se cubren con una campana de zinc hasta tanto que se continúe la medicion.

Bessel midió con este aparato, en 1834, la pequeña base de Kœnigsberg de sólo 1822 metros, llegando á una velocidad de 60 metros por hora; y posteriormente se ha empleado el mismo procedimiento en otros puntos de Alemania, Dinamarca y Bélgica por los Generales Baeyer y Akrelle, por el astrónomo Schumacher y por el Coronel Nerenburger (1). Siempre se han necesitado cinco diligen-

(1) *Die Küstenvermessung und ihre Verbindung mit der Berliner Grundli-*

les observadores, para el delicado manejo y lectura de las cuñas de cristal así como para la alineacion; el personal de servicio no bajó de 20 hombres en algunas de las operaciones, á pesar de que se trabajaba á la intemperie. De todas las mediciones hechas, algunas de las cuales se han repetido, resulta que el *error probable* que se obtiene por este procedimiento es de $\frac{1}{600.000}$.

APARATO DE PORRO.

Antes que el conocido Comandante de Ingenieros piamontés, habia hecho uso Hassler en los Estados-Unidos de microscopios aislados, con los que observaba dos hilos tendidos transversalmente en los extremos de una sola regla, compuesta de cuatro piezas, la cual recorria sucesivamente los intervalos entre cada dos microscopios consecutivos colocados préviamente en la alineacion de la base. El Sr. Porro construyó desde 1850 varios aparatos fundados en el mismo principio, reemplazando los hilos con escalas de partes iguales y empleando una varilla cilíndrica de pino, de tres metros de longitud y siete milímetros de diámetro, divisible en tres trozos que se unian por simples enchufes, sin tener para nada en cuenta el efecto producido por los cambios de temperatura. La observacion de las pe-

---

nie. Ausgeführt von der trigonometrischen Abtheilung des Generalstabes. Berlin, 1849.

Base géodésique mesurée aux environs de Bruxelles. Bruxelles, 1851.

queñas escalas se hacia con microscopios, colocados en los mismos trípodes que sostenian la regla, y provistos de retículo con cinco hilos, así como del correspondiente nivel. Para obtener las inclinaciones de la regla se observaba la burbuja de un nivel de grande curvatura y de $0^m,25$ de longitud, fijo en el medio. Un anteojo, montado en la misma armadura que el microscopio, indicaba la pequeña desviacion de la regla respecto de la linea que se queria medir; lo que daba lugar á una correccion que se hacia en el gabinete.

El Depósito de la Guerra de Francia introdujo ya notables mejoras cuando encargó al Sr. Porro un aparato destinado á los trabajos geodésicos de Argelia; pero al proyectarse la medicion de una base en la *Via Appia* fué cuando se construyó el más perfecto de los aparatos de este género con arreglo á las indicaciones del Padre Secchi, Director del Observatorio de Roma y encargado de tan importante operacion.

Como ésta se llevó á cabo con buen éxito en 1855 y son conocidos todos sus pormenores (1), prefiero referirme al aparato en ella empleado más bien que á los primitivamente imaginados, cuyos defectos han conocido prácticamente muchos de nuestros Oficiales.

La única regla que contiene el aparato del Observatorio

(1) *Misura della Base trigonometrica eseguita sulla via Appia per ordine del Governo pontificio nel* 1854-1855. Roma, 1858.

de Roma se compone de dos barras, una de hierro forjado y otra de laton, con divisiones en sus extremos, cuya observacion proporciona los datos necesarios para conocer la temperatura, por la diferencia de dilatacion de los dos metales. Ambas barras tienen las mismas dimensiones que son: $4^{m},08$ de longitud, y $7^{mm},5$ por 15^{mm} de seccion transversal. Se hallan unidas en el medio, verificándose libremente las dilataciones hácia los extremos, en los cuales llevan unas piezas de plata divididas en decimilímetros. La regla se halla dentro de una caja que tiene por su parte inferior una armadura de madera, para atenuar la flexion consiguiente á la distancia entre los puntos de apoyo que están debajo de sus extremos; pueden apreciarse, sin embargo, las diferencias de flexion que todavía resulten, valiéndose de un sencillo é ingenioso procedimiento imaginado por el Sr. Porro y mejorado por el P. Secchi. Los trípodes que soportan la regla no son en este aparato los mismos en que descansan los microscopios y su disposicion, sólida y bien entendida, difiere notablemente de la adoptada por el constructor.

Despues de repetidos ensayos se desechó el medio elegido por éste para conocer las inclinaciones de la regla y se recurrió al auxilio de un nivel ordinario para niveladas horizontales, el cual se colocaba con su trípode especial sobre el centro de la regla, observando con el anteojo, en cada posicion, dos regletas fijas en la armadura de aquella y convenientemente divididas.

En vez de seguir siempre la direccion deseada, dispuso el Sr. Porro el aparato de suerte que con el anteojo de alineacion se leia en una escala colocada horizontalmente sobre la armadura del microscopio inmediato, la desviacion de éste respecto de la base; anotándola para tenerla en cuenta cuando se hiciesen los cálculos.

Tambien en este aparato tienen los microscopios retículo de cinco hilos, para la observacion de las respectivas escalas de la regla; pudiendo además servir al marcar las referencias en el terreno y al comenzar el trabajo de cada dia, porque entre el ocular y el objetivo hay una lente movible que permite variar la distancia focal del instrumento. Un pequeño nivel adaptado al tubo tiene por objeto conseguir la verticalidad del eje óptico del microscopio, para lo cual puede éste girar dentro de un collar.

Con los medios materiales que ligeramente acabo de indicar, midieron la base de la *Via Appia* el P. Secchi, el Coronel Levret, antiguo ingeniero geógrafo francés, y el ingeniero Belley con un personal que no pasaba de diez hombres cuando se operaba al aire libre, y que se aumentaba con cuatro más durante la estacion calurosa, para el transporte de una tienda especial destinada á resguardar la regla. Tiene la base 12.043 metros de longitud y sólo se midió dos veces un trozo de dos kilómetros; habiendo llegado, respecto á velocidad, á 60 metros por hora. Pero segun manifiesta el sábio astrónomo romano condujo el método empleado en el campo á cálculos sumamente labo-

riosos, que exigieron despues muchos meses de trabajo; lo cual no es ciertamente de extrañar si se tiene presente que cada vez que se coloca la regla hay que escribir cerca de cien cifras.

Terminados que fueron los cálculos de reduccion de las observaciones y utilizando la doble medicion de uno de los trozos de la base, pudo venirse en conocimiento de que el *error probable* de ésta no excedia de $\frac{1}{1.200.000}$ de su longitud, gracias á la habilidad de los observadores, á las acertadas é importantes reformas hechas en el aparato y á la multitud de precauciones que constantemente tomó el director de tan bella operacion.

APARATO

PERTENECIENTE Á LA COMISION DEL MAPA DE ESPAÑA.

En 1859 publicaron el Comandante de Ingenieros D. Cárlos Ibañez (1) y el Capitan de Artillería D. Frutos Saavedra la descripcion del aparato, cuyo proyecto habian formado en 1853 por disposicion del Sr. Brigadier D. Fernando García San Pedro, Jefe de la Comision del Mapa (2). La construccion se confió en Paris al artista Brunner que introdujo micrómetros de hilos movibles y otras disposiciones análogas á las de los anteojos de los instrumentos

(1) Esta Memoria se presentó anónima en el concurso.

(2) *Experiencias hechas con el aparato de medir bases perteneciente á la Comision del Mapa de España.* Madrid, 1859.

de astronomía, de acuerdo con los autores del proyecto que se hallaban comisionados para seguir las operaciones relativas á su ejecucion.

Se compone de varios microscopios micrométricos que se sitúan verticalmente en la alineacion de la base, dividiéndola en intervalos de unos cuatro metros, cuya longitud se determina valiéndose de una sola regla bimetálica dividida, de cuya observacion con los micrómetros se deduce la temperatura. Tanto la alineacion como las referencias, se hacen con medios ópticos sumamente precisos.

La regla está formada de una barra de platino de algo más de cuatro metros de largo con una seccion transversal de $0^m,021$ por $0^m,005$, y de otra barra de laton colocada debajo y de iguales dimensiones. Cada una de ellas descansa en catorce cilindros giratorios y está contenida lateralmente por otros cilindros que forman con los anteriormente citados catorce cojinetes perfectamente dispuestos para que las dilataciones y contracciones se verifiquen con entera libertad á partir del medio de la regla, en donde se hallan sujetas las barras á un cojinete central. La de laton tiene en sus extremos unas piezas ó reglitas de platino divididas, cuyas caras superiores enrasan con la superior de la barra de platino, pasando por dos aberturas ó canales en cuyo borde hay una division en decimilímetros igual á la de las reglitas. Los cojinetes están asegurados á un banco de hierrro que descansa á su vez en dos soportes, con movimientos lentos, colocados á un metro de cada uno de sus

extremos. Unos trípodes de madera puestos directamente sobre pesadas plataformas, reciben los soportes á medida que avanza la medicion.

Los microscopios ocupan el centro de unos círculos graduados que descansan en trípodes especiales y por medio de sus micrómetros se pueden leer las milésimas de milímetro al observar en cada extremo una de las rayas que forman las divisiones de la barra de platino y otra de las que constituyen las de la de laton, con lo cual puede calcularse la longitud de la regla (1), prévia su comparacion con un tipo y el conocimiento de los coeficientes de dilatacion de ambas barras. La reduccion de la longitud de la regla al horizonte se obtiene valiéndose de las indicaciones de un nivel portátil con arco graduado, que se coloca en el medio de la regla.

En el mismo sitio, de cada uno de los círculos, que ocupan los microscopios se coloca ántes, para la alineacion, un anteojo provisto igualmente de micrómetro movible; y en los círculos que se van situando aproximadamente en la línea, una pequeña mira con dos hilos en cruz por medio de la cual se sigue la alineacion general de la base.

Tambien se emplean los mismos apoyos de los microscopios, de las miras y del anteojo de alineacion, para establecer verticalmente otro anteojo destinado á referir al

(1) A la temperatura de $21^{\circ},935$ tiene $4001^{mm},0378$ entre sus rayas extremas marcadas O y IV. *(Experiencias etc.)*

terreno el término de la medicion del dia, el cual se traza en una plancha metálica valiéndose de dos cuchillas, montadas en un disco, y semejantes á las de las máquinas de dividir. Con el retículo de este anteojo se observa, en várias posiciones del círculo, el punto marcado con el trazador, anotando á la vez las lecturas de un nivel que gira con el anteojo y deduciendo después por el cálculo la correccion que deba introducirse en sentido de la base.

En este aparato no se descuidó ninguno de los detalles que podian contribuir á la precision de la medida: todas las piezas que lo requieren son rectificables y se hace uso en la práctica de cuantos medios se conocen para eliminar las causas de error.

La base de Madridejos, para cuya medicion se empleó en 1858 (1), tiene 14 $\frac{1}{2}$ kilómetros de longitud, habiéndose remedido un trozo de 2767^{m}. Cuatro observadores, cuatro sargentos y 50 hombres de servicio concurrieron á esta operacion, en la que se invirtieron 90 dias sin contar los ocupados en las disposiciones y trabajos preparatorios, siendo la velocidad máxima de 30 metros por hora. El aparato se resguardó de los rayos del sol y de la accion del viento, operando dentro de una galería de madera compuesta de nueve casetas movibles separadamente, cada una de las cuales se podia cerrar por sus cuatro costados con bastidores de tabla, entre los que se colocaban, de

(1) *Base central de la triangulacion geodésica de España.*—Madrid, 1865.

distancia en distancia, ventanas con cristales para la conveniente iluminacion; todo el piso de la galería estaba algo levantado y sus apoyos se hallaban á dos metros de distancia de los trípodes. Para la base entera se obtuvo un *error probable* de $\frac{1}{5.800,000}$ de su longitud; resultado que calificó un académico francés de *non plus ultra*, del cual no es posible ni, en su concepto, sería ya útil pasar.

CAPITULO II.

DESCRIPCION DEL APARATO QUE SE PROPONE, SU USO Y FÓRMULAS CORRESPONDIENTES.

DESCRIPCION.

Despues de haberme ocupado detenidamente en el estudio de los diferentes métodos empleados para medir bases geodésicas y de tomar parte en una de estas operaciones, tuve ocasion de aplicar mis propias ideas á la construccion de un aparato, cuyo proyecto sirvió á los conocidos artistas Sres. Brunner para llevar á cabo la obra con la perfeccion que se acostumbra en sus acreditados talleres.

Deseché, ante todo, cuantas combinaciones pudieran conducirme á los *contactos* como medio de enlace entre las diferentes posiciones de las reglas de medicion. Tratándose de operaciones que exigen mucha exactitud y que se han de repetir multitud de veces, tienen los sistemas de contactos el grave inconveniente de que cambia con el uso la longitud de las reglas, siendo además variable, aunque en pequeña cantidad, el sitio en que se han de tocar las piezas correspondientes, por la alteracion inevitable de las superficies. Las comparaciones de las reglas con los tipos ó patrones de medida ofrecen dificultades de consideracion ya sean éstos del antiguo sistema de *cantos*, ó ya pertenezcan al moderno dé *rayas*, las cuales se observan con microscopios fijos y conservan sin la menor alteracion la longitud de la unidad fundamental.

Me decidí á emplear una sóla regla, para reducir á una las tres ó cuatro comparaciones y otras tantas determinaciones de los respectivos coeficientes de dilatacion que exige el uso de varias reglas; operaciones sumamente delicadas y que, necesitando gran número de observaciones, dan lugar á cálculos prolijos. Por otra parte: con un aparato que comprenda más de una regla, se aumenta notablemente el material y no es posible alcanzar la velocidad de medicion que me proponia, no sólo con el fin de ganar tiempo en operacion de suyo muy lenta, sino para obtener mayor exactitud, como la experiencia me lo habia demostrado y puede desde luégo presumirse, en razon á que fun-

dándose todos los aparatos en la inmovilidad de algunas piezas durante cierto tiempo, cuanto más corto sea éste más garantías habrá de precision.

A fin de limitar el número de observaciones, que durante la medicion pueden ocasionar errores de lectura ó de escritura y en el gabinete errores de cálculo, me propuse reducir á simples coincidencias de rayas las numerosas lecturas que, en los aparatos conocidos, exige el uso de lengüetas, de palancas de contacto, de cuñas divididas ó de microscopios micrométricos. Tambien adopté con igual objeto, en vez del sistema de tener en cuenta las diferentes desviaciones de la regla respecto de la alineacion general, el de seguir ésta con toda la aproximacion que es menester.

Suprimí completamente las escalas de partes iguales ó divisiones de la regla que, en la práctica, producen inevitables equivocaciones de raya y por lo tanto errores groseros que despues no es posible descubrir.

En atencion á los graves inconvenientes de medir por escalones horizontales, preferí dejar á la regla las inclinaciones naturales del terreno que se aprecian con suficiente precision por medio de un nivel calculado y dispuesto al intento.

De un estudio especial acerca de la concordancia entre las temperaturas de una regla acusadas por termómetro metálico, y las indicadas par termómetros de mercurio convenientemente construidos y colocados, resultó que se pueden emplear éstos sin error sensible. Así lo proyecté,

evitando largas y costosas experiencias de dilatacion, y facilitando en extremo las observaciones relativas á la temperatura.

La velocidad de medicion depende en gran manera de la disposicion general del aparato, en virtud de la cual se hallen colocadas anticipadamente y en la línea de la base, las referencias laterales ó piezas que han de marcar los intervalos medidos con la regla, la cual, por este medio, se sitúa instantáneamente en la posicion que debe ocupar; dispuse por lo tanto cuatro de estas referencias laterales que, en mi concepto, habian de producir los mejores resultados.

Me propuse, por último, despojar completamente el aparato de toda complicacion, poniendo su uso al alcance del que sepa manejar un sencillo instrumento de topografía, sin perder por eso el grado de exactitud que requiere la medicion de una base geodésica, como puede verse en el capítulo V.

Consta el nuevo aparato de una regla de hierro laminado *F F* (fig. 1, 2), con cuatro termómetros de mercurio *T, T, . . .* (1) y un nivel *N N*, que se coloca sobre soportes movibles *S, S, . . .* establecidos en pequeños trípodes *B, B . . .*; cuatro portamicroscopios *P, P . . .*, descansando en los trípodes *C, C . . .*, dividen sucesivamente la base en intervalos de una longitud próxima á cuatro metros, la

(1) Véanse siempre las figuras contenidas en el último paréntesis.

cual se determina por medio de la regla *F F* observando con los microscopios *M*, *M* . . . la coincidencia de cada una de las rayas grabadas hácia los extremos de ésta con otra raya trazada en el mismo portamicroscopio. Tanto al empezar como al concluir el trabajo diario, se emplea un anteojo *A* que, colocado verticalmente en un portamicroscopio, sirve para referir al aparato el punto marcado en el terreno, ó por el contrario para fijar en éste el término de la medicion del dia; y á fin de situar los portamicroscopios en la alineacion de la base, se hace uso de otro anteojo *D*, que ocupa sucesivamente sitios análogos al en que estuvo el anterior, y de la mira *L* (fig. 30, 31) que siempre le precede un intervalo.

La regla *F F* (fig. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9) está formada de dos planchas de hierro laminado de 7^{mm} de espesor, unidas en forma de T por medio de veintiseis escuadras *E*, *E*, *E* . . . del mismo metal, colocadas de dos en dos y sólidamente sujetas con tornillos. Hácia sus extremos y en el canto superior, tiene incrustadas dos pequeñas hojas de plata *R*, *R* con una raya grabada perpendicularmente á su longitud, difiriendo muy poco de 4^{m} la distancia que separa estas rayas; otras análogas, grabadas del mismo modo en hojas de plata *I*, *I*, *I* . . ., dividen en ocho partes iguales la distancia comprendida entre aquellas. Cuatro termómetros *T*, *T* . . . (fig. 1, 2, 6, 7), de escala centígrada y cuidadosamente calibrados, se hallan distribuidos á lo largo de la regla, teniendo sus tubos en contacto con

la plancha de hierro vertical, medio encajados en ésta sus depósitos de mercurio y además completamente rodeados de limaduras del mismo metal; cada termómetro queda encerrado en una caja metálica cubierta con un cristal plano, á través del cual se hacen las lecturas. Estas se obtienen con gran facilidad hasta las décimas de grado, por tener cada uno de ellos 3^{mm} de longitud divididos en cinco partes.

Encima de las escuadras centrales *E*, *E* (fig. 1, 2, 8, 9) hay una pieza de laton *K* con dos ganchos *G*, *G* que giran alrededor de un eje horizontal y sirven para asegurar á la regla el nivel *N N* (fig. 1, 2, 8, 9, 10, 11, 12), cuyos pies *p*, *p* descansan en los apoyos *J*, *J*. El nivel se halla unido á la pieza *a a* que gira alrededor del eje *b b* por la accion combinada del tornillo *t* y del muelle *m m*, indicando en el arco graduado *g g*, por medio de un nonio que permite apreciar hasta $10''$, el ángulo correspondiente al giro que se haya hecho dar á la pieza *a a*. Los ganchos *G*, *G* abrazan por ambos lados al cilindro *c c*, cuando el nivel se halla colocado sobre la regla; cuya disposicion permite trasladar ésta en la medicion de una base, sin quitar el nivel á cada cambio de posicion. Para manejar la regla sirven las cuatro asas *O*, *O*, ... (fig. 1, 2, 3, 5), debajo de las cuales, y por la parte inferior de la plancha de hierro horizontal, hay otras dos planchas de laton *H H*, *H H* que han de hallarse en contacto con los soportes.

Estos soportes *S*, *S*, que se emplean de dos en dos y de

los cuales tiene cuatro el aparato, descansan en los correspondientes trípodes por medio de los tornillos *t*, *t*, *t*, cuyos extremos inferiores entran en las canales triangulares de los tejos *V*, *V*, *V* ... (fig. 1, 2). En cada uno de los soportes, las piezas superiores á la *b b* (fig. 3, 4, 5) giran con ella alrededor del eje *a a*, el cual se sitúa verticalmente valiéndose del nivel *c* y de los tres tornillos *t*, *t*, *t*, resultando así nivelada transversalmente la regla *F F* cuya plancha *H H* descansa sobre el cilindro giratorio *d*, que es, por construccion, perpendicular á dicho eje *a a*. La regla se sujeta entre la pieza fija *f*, y la *g* movible con el tornillo *Q*; pudiendo recibir en cada soporte tres movimientos rectilíneos, perpendiculares entre sí, por medio de los tornillos *X*, *Y*, *Z*. Cuando, despues de haber hecho uso de este último, se halle la regla á la altura conveniente, puede comprimirse el eje *a a* valiéndose del tornillo *h* que actúa sobre el muelle *i i*, para que sufra ménos la rosca y tenga el soporte mayor estabilidad.

Suponiendo que dos de los soportes están próximamente en la posicion que conviene á la regla, será fácil comunicar á ésta los movimientos necesarios para que cada uno de sus extremos vaya á ocupar exactamente el lugar que le corresponda en la medicion: porque haciendo uso alternativamente de los tornillos *Y*, *Y* (fig. 1, 2, 3, 4, 5) de ambos soportes, se dará á la regla la direccion que convenga; con los *Z*, *Z* la inclinacion y altura deseadas; haciéndola por último correr longitudinalmente el *X* de uno de

los soportes, para lo cual debe estar siempre suelto el de presion *Q* del otro soporte.

Llamo portamicroscopio al pequeño instrumento *P* (figuras 16, 17, 18) cuya parte inferior tiene unas correderas análogas á las de los soportes, por medio de las cuales y de los tornillos *x*, *y* pueden comunicarse á la parte superior dos movimientos perpendiculares entre sí. La plancha *a a*, con todas las piezas superiores á ella, gira alrededor del eje hueco del instrumento, que se coloca vertical valiéndose del nivel *b b* y de los tres tornillos de apoyo *t*, *t*, *t*, introducidos en las canales de los tejos fijos en los correspondientes trípodes, los cuales tienen taladrada su meseta para que á través de ella se pueda ver el terreno. Este movimiento de rotacion puede darse á mano, aflojando el tornillo de presion *c*, y despues con lentitud apretando el mismo tornillo y moviendo el *d* que actúa sobre la pieza *e*, la cual se halla siempre comprimida por el resorte *f* arrollado en hélice. La escuadra *g g*, sólidamente unida á la plancha *a a*, tiene una corredera por la que sube y baja la pieza *h h r* que lleva el microscopio *M*; verificándose este movimiento lento por medio del tornillo *i* cuya accion se trasmite no sólo al microscopio sino tambien á la raya que en *r* se halla trazada sobre una pequeña hoja de plata y que en la medicion de una base ha de coincidir con otra análoga grabada en la regla, coincidencia que se ha de observar con el mismo microscopio.

Este tiene una amplificacion lineal de veinte veces; y

su reticulo, movible por medio del tornillo *j* en direccion perpendicular á la raya trazada en *r*, está formado de dos hilos paralelos *l*, *l* (fig. 21) y de un tercero *m m* que les es perpendicular. Colocado el microscopio de suerte que los hilos *l*, *l* sean paralelos á la raya *r r* grabada sobre el mismo portamicroscopio, se hace marchar lentamente el reticulo hasta tanto que la imágen de dicha raya se halle equidistante de los mencionados hilos y en esta disposicion puede ya observarse la coincidencia de la raya *r r* con la correspondiente *R R* de la regla, quedando un pequeño intervalo entre el canto *o o* de ésta y el *p p* de la hoja de plata incrustada en el portamicroscopio; intervalo que debe disponerse de manera que el hilo *m m* lo divida por mitad, para lo cual se aproximará la regla al portamicroscopio hasta que la distancia entre la imágen *o o* de su canto y el hilo *m m* sea sensiblemente igual á la constante que separa á éste de la imágen *p p* del borde del portamicroscopio. La figura presenta las distancias reducidas próximamente á la mitad de como se ven, y diez veces mayores de lo que son en realidad.

El anteojo de referencias *A* (fig. 16, 17, 18, 22) tiene, además del objetivo y ocular ordinarios, una lente acromática *n* fija en el tubo interior *r s* que se mueve por medio del piñon y barra dentada *l*, *l*, con lo cual se consigue que la imágen producida por la combinacion de esta lente y del objetivo se forme en el mismo plano del reticulo, sin tener necesidad de variar la distancia entre el ocular y

el objetivo. Al tubo exterior se halla asegurado un eje *m m* que termina en dos muñones de acero *o*, *o*, los cuales descansan en sus correspondientes cojinetes ó muñoneras *p*, *q* cuando el anteojo se halla introducido en el hueco cilíndrico de cualquiera de los portamicroscopios como se requiere para verificar la referencia. En esta disposicion queda sujeto contra el tornillo rectificable *u* por la accion del muelle *v*, que se separa cuando conviene con un excéntrico *z*, y además por el brazo *k* empujado igualmente por el resorte *ñ* (fig. 16, 17, 18) contra otro tornillo rectificable *n*. Con el auxilio del nivel portátil *s s* (fig. 16, 17, 18, 19, 20) puede darse al eje *m m* una posicion horizontal puesto que la muñonera *q* (fig. 16, 17, 18) es susceptible de la misma rectificacion que la de un teodolito. Tambien el reticulo puede moverse, como en este último instrumento, siéndole fácil por lo tanto á cualquier observador situar verticalmente el eje óptico del anteojo y hacer que coincida con el de rotacion del portamicroscopio; en cuyo caso si se hace uso de los tornillos *x*, *y* para que la imágen de un punto del terreno coincida con la cruz filar central, quedará de hecho levantada una vertical en el mencionado punto, ó por la inversa podrá marcarse éste si el objeto que se propone el observador es bajar una vertical desde un punto dado. El reticulo, formado de seis hilos, se halla dispuesto como indica la fig. 23, siendo más delgados los hilos centrales *a*, *a* que los *b*, *b* y formándose con unos y otros cuatro pequeños cuadrados cuyo uso se verá más adelante.

Situado el eje del portamicroscopio en la vertical de un punto marcado en el terreno, para caminar en la direccion determinada por éste y otro punto dado, se hace uso del anteojo de alineacion *D* (fig. 32, 33), construido análogamente al de referencias de suerte que por medio de la lente movible *a* sea posible formar en el plano del retículo la imágen de un objeto ya se encuentre éste á larga distancia, ya se halle tan sólo á cuatro metros, intervalo que debe haber entre cada dos microscopios consecutivos. Este anteojo, cuyo eje *o o* tiene la misma longitud que el del anterior, debe reemplazarle en el portamicroscopio, colocándolo horizontalmente con los muñones *b*, *b* en las muñoneras, sujeto el eje como lo estaba el de aquel y apuntado al objeto de direccion valiéndose de los movimientos giratorios rápidos y lentos que proporciona el portamicroscopio. Moviendo el tornillo *d* se puede hacer marchar el retículo, que se compone simplemente de dos hilos perpendiculares entre sí.

En otro portamicroscopio, con el eje de rotacion ya vertical, colocado próximamente en la alineacion y á cuatro metros de distancia, se establece la mira *L* (figuras 30, 31) cuyo eje *o o* es tambien igual á los de los anteojos. Entre dos cristales planos tiene dos hilos de platino *a a*, *b b* cuya interseccion corresponde al punto medio de la distancia *o o*, pudiendo corregirse fácilmente el pequeño error que se encuentre en la rectificacion. Por lo tanto si, haciendo girar únicamente el piñon *c* (fig. 32, 33) del

anteojo de alineacion apuntado ántes al objeto lejano, se mueve todo el portamicroscopio en que está la mira hasta que la imágen de la cruz filar de ésta coincida con la del anteojo, el segundo portamicroscopio se hallará en la alineacion; y avanzando un intervalo tanto la mira como el anteojo, se irá marchando sucesivamente en el mismo plano vertical.

Para marcar en el terreno el término de una parte de la medicion, conviene enterrar á la debida distancia una piedra prismática *a a* (fig. 28, 29), cuyas dimensiones se arreglarán á la clase de terreno, y que tenga incrustada en su cara superior una plancha de laton *b b*. Sobre esta piedra y debajo de un portamicroscopio con el anteojo de referencias bien rectificado, se coloca el disco *d d* (figuras 24, 25) al cual se halla unido un cilindro hueco *c c* de base circular, que permite ver con el anteojo una pequeña hoja de plata incrustada en el disco, y taladrada de manera que su centro corresponde con el eje del cilindro hueco *c c*. Moviendo á mano el disco con arreglo á las indicaciones del que mira por el anteojo, se consigue fácilmente darle una posicion tal, que la imágen de la hoja circular de plata, y principalmente la de su taladro, quede dividida en partes iguales por los hilos centrales *a a*, *a a* (fig. 23) del reticulo, sirviendo además los *b b*, *b b* . . . y los pequeños cuadrados que con los otros forman, para mayor certeza al centrar el mencionado taladro. Hecho esto, se deja inmóvil el disco *d d* (fig. 24, 25, 26, 27) y se introduce cui-

dadosamente en el cilindro *c c* el punzon de acero templado *p p*, guiado por el muelle *m m*, hasta tanto que la punta deja en la plancha metálica de la piedra una marca circular muy pequeña cuya imágen, observada con el anteojo, coincide con la cruz filar central, hallándose por lo tanto en la vertical préviamente determinada.

Cuando se mide por segunda vez una base, deben conservarse cuidadosamente las piedras de referencia, enterradas en la primera medicion al fin de cada dia, para comparar entre sí las dos mediciones de estos trozos y calcular con más abundancia de datos el *error probable* del resultado final. Mas como de una á otra medicion cambia la temperatura y por lo tanto la longitud de la regla, es necesario que ésta pueda recibir una reglita adicional convenientemente dividida para medir, en la última posicion, la pequeña distancia que separa el trazo extremo de la mencionada regla del que lleva el portamicroscopio situado en la vertical del punto marcado en el terreno. La reglita de plata *a a* (fig. 13, 14, 15), dividida toda en milímetros y sus extremidades en decimilímetros, puede correrse á mano cuando se afloja el tornillo *b* y lentamente si se halla éste apretado y se mueve el *c*. La pieza *f f*, en que está asegurada, se adapta al extremo de la regla, á la cual se sujeta por medio de los tornillos de presion *g*, *g*; y haciendo coincidir, por medio del tornillo *c*, una de las divisiones de la reglita con el trazo del portamicroscopio, será fácil medir la distancia que separa á éste del correspondiente al extre-

mo de la regla y podrá introducirse esta diferencia, con su signo, en el cálculo de la segunda medicion.

El número de trípodes suficiente, á fin de que la operacion pueda marchar con celeridad, es de seis para sostener los portamicroscopios y diez para la regla. Unos y otros deben colocarse sobre plataformas de piedra groseramente labradas, de manera que tengan tres apoyos cada una; siendo conveniente que el número de las primeras no baje de doce ni de veinticuatro el de las segundas, para que se hallen sentadas con alguna anticipacion. El principio y el fin del trabajo del dia exigen, para el portamicroscopio en que se ha de colocar el anteojo de referencias, una plataforma con un agujero en el centro que permita ver el terreno.

Por último: sirven de complemento al aparato cinco sombrajos de cuatro metros de longitud, dos y medio de anchura y tres de altura en su parte central, formados de lona sujeta á una sencilla armazon de madera en forma de barraca, que se desarma en los transportes, y cuyo uso es conveniente para evitar la accion directa de los rayos del sol sobre la regla y las personas, resguardando en parte el aparato del viento y del polvo tan perjudiciales á los instrumentos.

USO DEL APARATO.

El uso del aparato en la medicion de una base es sumamente fácil y la bondad de los resultados que con él se obtienen depende principalmente de la sencillez de las diversas partes que lo constituyen, de la perfeccion con que están construidas, de la distribucion del personal y del órden establecido en las operaciones.

Como disposiciones preliminares es necesario recorrer la faja de terreno en que se ha de efectuar la medicion y prepararla convenientemente, si fuese menester, con pequeños desmontes ó terraplenes á fin de regularizar las pendientes y de reducirlas á los límites determinados por la amplitud del arco del nivel que se adapta á la regla; fijar permanentemente, por medio de construcciones enterradas, los puntos extremos de la base y establecer entre éstos el número de intermedios que han de marcar la alineacion.

Esto último se lleva á cabo con el auxilio de un teodolito de grandes dimensiones, cuidadosamente centrado sobre uno de los extremos de la base y colocado en un resistente pilar. En el otro extremo debe establecerse una señal cuyo punto de mira se halle en la vertical de la referencia enterrada y cuyas dimensiones sean adecuadas á la longitud de la base y á la amplificacion del anteojo. Des-

pues de rectificado el teodolito y apuntado su anteojo de suerte que la imágen de la indicada mira extrema se halle en el centro del reticulo, se procede á situar, por medio de señas hechas con banderas, otras miras intermedias que dividan la base en intervalos cuya extension no exceda de un kilómetro; y los encargados de cada una de las últimas marcarán en una piedra introducida en el terreno el sitio correspondiente al pié de la vertical del punto de mira, en el momento en que haya hecho el Jefe de la operacion la señal de hallarse aquel en el plano vertical que pasa por los dos extremos de la base. Tambien debe colocarse, además de las intermedias, otra mira más allá de la extrema para que, juntamente con ésta, se presenten los dos puntos de alineacion que dén la seguridad de evitar desvíos laterales al medir el último intervalo.

Antes de comenzar las operaciones debe determinarse la posicion del punto *cero grados* en los cuatro termómetros, introduciendo sus depósitos de mercurio, de la manera ordinaria, en una vasija que contenga hielo en estado de fusion. Si se observa algun pequeño cambio en la posicion del *cero*, deberá aplicarse la correspondiente correccion á las respectivas lecturas. Los cuatro termómetros que he usado en mis experiencias de medicion, construidos por el Sr. Baudin artista de Paris, no han sufrido hasta ahora la menor variacion en el *cero* desde que están en mi poder; pero debe hacerse á las lecturas una correccion comun á todos ellos de $-0^{G},2$, que es la relativa al

sitio en que se considera el origen de la escala segun indicacion del constructor, conforme con mis repetidas observaciones.

Colocado el primer portamicroscopio, con su correspondiente trípode y plataforma agujereada sobre el punto de partida marcado en el terreno, empieza el Jefe de la medicion por situar verticalmente el eje; é introduciendo el anteojo de referencias *A* (fig. 1, 2, 16, 17, 18) rectifica cuidadosamente el instrumento, valiéndose del nivel *s s* y de los demás medios indicados hasta que el eje óptico del anteojo esté vertical, coincida con la línea alrededor de la cual se verifica el giro y pase al mismo tiempo por el punto del terreno. Reemplaza entónces el anteojo *A* con el de alineacion *D* (fig. 1, 2, 32, 33) y, aflojando el tornillo *c* (fig. 16, 17, 18), lo dirige á la más próxima de las grandes miras colocadas anticipadamente en la direccion de la base, dividiéndola en trozos ó secciones. Si es preciso, corrige el eje óptico del mencionado anteojo, dejándolo fijo en el momento en que se halle en el mismo plano vertical de la base, despues de lo cual mueve el piñon *c* (figuras 32, 33) para poder ver con claridad á la distancia de cuatro metros.

Un auxiliar, que distinguiré en lo sucesivo con el número 6, ha establecido entretanto los otros tres portamicroscopios sobre sus correspondientes trípodes, los cuales, así como los de soporte, se habrán dispuesto aproximadamente en la alineacion y á la debida distancia por

medio de una vigueta que más adelante se mencionará. Despues de colocar sobre el segundo de aquellos la mira *L* (fig. 30, 31) y sobre ésta el nivel *s s* (fig. 19, 20), dá el mismo auxiliar al eje del instrumento una posicion vertical, moviendo inmediatamente el tornillo *y* (fig. 16, 17, 18) con arreglo á las señas que le hace con una pequeña bandera el auxiliar núm. 5 encargado de la alineacion, que se habrá sentado junto al anteojo, hasta tanto que por medio de una voz breve le indica el momento preciso en que la cruz filar de la mira se halla en el plano de la base. Si despues de invertir los muñones de la mira no continuase la coincidencia, rectificará el Jefe los hilos de platino, moviendo éstos con los correspondientes tornillos; cuya operacion es necesaria rara vez, áun despues de un largo transporte.

El auxiliar núm. 5 lleva el anteojo de alineacion al segundo portamicroscopio, en tanto que el núm. 6 establece la mira y nivel en el tercero, continuando despues al cuarto de la misma manera.

Los auxiliares números 1 y 2, encargados de hacer las coincidencias de las rayas de la regla con las de los portamicroscopios, acompañan á los dos hombres de servicio designados para la conduccion de aquella con el gran nivel, desde su caja á los dos primeros soportes, que otros dos hombres habrán ya nivelado. Pero para conseguir toda la rapidez posible y evitar contratiempos, debe siempre preceder á la regla sobre los soportes, una vigueta de ma-

dera que sirva para arreglar la altura de éstos, la cual manejan los mismos encargados de la conduccion de aquella. El auxiliar núm. 1 junto al primer microscopio y el número 2 junto al segundo, se preparan á efectuar las coincidencias; moviendo aquel tan sólo la regla, y éste la regla en sentido perpendicular á la base, y el portamicroscopio en direccion de la misma valiéndose del tornillo x. Tambien hace uso del tornillo i este último auxiliar para llevar la raya del portamicroscopio al mismo plano horizontal que la de la regla, con el objeto de no subir ni bajar ésta despues de que el auxiliar núm. 1 la tenga á la altura determinada por el primer microscopio, que es ahora el fijo.

En tanto que esto tiene lugar, los auxiliares números 3 y 4, á cuyo cargo están las dobles lecturas del arco del nivel de la regla y las de los cuatro termómetros (1), promedian la burbuja de aquel moviendo el tornillo t (fig. 10, 11, 12) y se disponen á escribir, cada uno en un pequeño cuaderno, las cinco lecturas que inmediatamente han de confrontar, para evitar errores.

El auxiliar núm. 2 avisa al 1 cuando lo tiene todo dispuesto para hacer la coincidencia; y éste dá la voz *coincide* á la que contesta aquel con la misma, siendo simultánea

(1) Para que se viese mejor la disposicion de los termómetros, se ha invertido en las figuras 1 y 2 la situacion de la regla. En la medicion se hallan aquellos en la parte opuesta, con lo cual se consigue que los auxiliares 3 y 4 no embaracen las operaciones de los 1 y 2 pudiendo trabajar los cuatro simultáneamente.

la operacion en ambos extremos de la regla. Comienzan entónces sus lecturas los números 3 y 4, marchando en direcciones opuestas. Los auxiliares 1 y 2, luégo que han hecho la coincidencia, separan á un tiempo la regla de los portamicroscopios, valiéndose de los correspondientes tornillos de los soportes; y los dos hombres nombrados se disponen á trasladarla á la posicion siguiente, ántes de lo cual han arreglado la altura y direccion de los otros dos soportes y han avisado á uno de los cuatro hombres que transportan y colocan los trípodes si en la distancia de éstos hay algun error, para que lo corrijan, utilizando en todas estas operaciones la vigueta de madera.

Terminadas las lecturas de los termómetros y nivel, manda el auxiliar núm. 1 trasladar la regla valiéndose de voces breves que ejecutan con precision los encargados de este servicio. A la vez traslada el núm. 6 el portamicroscopio que queda vacante y lo coloca en el primer trípode desocupado, nivelándolo y metiendo las correderas ayudado por un sirviente; tres de los encargados de los trípodes llevan otros tantos; los dos de que se hizo ya mencion establecen los soportes en su nuevo sitio; cuatro hombres cambian el primer sombrajo, armado tal cual lo hallan, que pasa á ocupar el último lugar y otros cuatro, provistos de dos parihuelas, transportan las tres plataformas dejándolas á continuacion de la última, en donde tres sirvientes las colocan en la línea y á las convenientes distancias valiéndose de una vigueta ó plantilla de madera y

atendiendo á las señas que con la bandera haga el auxiliar núm. 5 encargado de la alineacion.

Este mismo, despues de alinear la vigueta que se acaba de mencionar, alinea otra que los cuatro encargados de los trípodes colocan sobre éstos y de la cual se valen además para situarlos á las debidas distancias por medio de marcas convenientemente dispuestas. Por último alinea el portamicroscopio, y de la misma manera continúa toda la operacion.

Tambien se repiten invariablemente, bajo la direccion del Jefe, las funciones de todos los demás auxiliares y sirvientes hasta llegar al parage en que aquel disponga terminar el trabajo del dia. Ocho metros ántes de llegar, se abre el hoyo donde ha de quedar la piedra *a a* (fig. 28, 29) con plancha de laton; y, despues de nivelarla y asegurarla convenientemente, se coloca dos veces la regla, ejecutando el Jefe las operaciones necesarias para referir al terreno el extremo de ésta, de la manera que se ha indicado en el lugar correspondiente.

Acontece alguna vez que dejando acumular los errores en la colocacion de los trípodes, quedan éstos á distancias tales que el tornillo del portamicroscopio destinado á los movimientos lentos en sentido de la base no proporciona la marcha suficiente y es necesario mover el trípode más avanzado de los dos entre que se halla la vigueta de madera que precede á la regla. En este caso, que se presenta con muy poca frecuencia si el Jefe vigila el conjunto de la

operacion, se sitúa el mencionado trípode con su portamicroscopio á la distancia del anterior indicada por la vigueta y, despues de corregir la nivelacion del portamicroscopio por medio del nivel colocado sobre los muñones de la mira, puede ya llevarse la cruz filar de ésta á la línea valiéndose del tornillo correspondiente y del anteojo de alineacion que, sin alterar la posicion del portamicroscopio en que se halla, se habrá invertido de suerte que mire hácia la parte opuesta. Es indispensable despues llevar el mismo anteojo al portamicroscopio que se movió y dirigirlo á la señal lejana á fin de que el plano determinado por el eje de giro del mismo portamicroscopio y el extremo del trazo grabado en él sea perpendicular á la base. Hecho esto y corregidos los errores en la situacion de los demás trípodes, se continúa la operacion de la manera ordinaria.

En lo que precede he supuesto que nada se ha de omitir para que el resultado alcance gran precision, atendiendo tambien á la comodidad de los auxiliares y á la conservacion del aparato: áun así el personal necesario se compone tan sólo de un Jefe de medicion, seis auxiliares diligentes y 20 hombres de servicio; pero suprimiendo las plataformas y sombrajos se reduce á nueve el número de los últimos.

Como en la segunda medicion se encuentran los puntos de referencia que se determinaron en la primera, la longitud medida en cada uno de los dias de ésta puede consi-

derarse como una base, puesto que el objeto al remedir es hallar de nuevo la distancia que media entre dos puntos dados. Para la última posicion de la regla en cada dia, se hace uso de la reglita dividida *a a* (fig 13, 14, 15) cuya descripcion se ha dado oportunamente.

Conviene tener además una escala metálica de $0^m,30$ para emplearla, si fuese necesario, al terminar la medicion de la base en cuya ocasion se hace uso de las rayas *I*, *I* . . . (fig. 1, 2) trazadas en hojas de plata y que dividen la regla en partes iguales, de $0^m,50$ de longitud.

FÓRMULAS RELATIVAS AL APARATO.

Si se designa por:

F_{t_R} ... la distancia que media entre las dos rayas extremas de la regla á una temperatura t_R,

t ... la temperatura media de la misma regla en una de sus posiciones, ó el promedio de las lecturas de los cuatro termómetros,

φ ... la dilatacion lineal de la regla por un grado del termómetro centígrado,

c ... la correccion que debe sufrir para reducirla al horizonte, ó la diferencia entre su longitud y su proyeccion horizontal,

p ... la distancia horizontal medida en la misma posicion,

se tendrá:

$$(1) \qquad p = F_{t_R} - (t_R - t)\varphi - c$$

y siendo:

n ... el número de posiciones,

$[t]$ ... la suma de las temperaturas medias de la regla en sus diferentes posiciones de un dia de medicion,

$[c]$ ... la suma de correcciones relativas á la inclinacion,

D ... la distancia horizontal medida en el mismo dia, será:

$$(2) \qquad D = n\, F_{t_R} - \left(n\, t_R - [t]\right)\varphi - [c].$$

Para calcular en milímetros la correccion c de cada una de las posiciones, puede prescindirse de los cambios de temperatura y considerar constante la longitud de la regla é igual á cuatro mil milímetros. Por consiguiente designando:

I ... el ángulo de inclinacion de la regla, obtenido por el arco graduado del nivel,

será, con suficiente exactitud:

$$(3) \qquad c = 8000^{mm} \,.\, \text{sen.}^2 \tfrac{1}{2}\, I.$$

El *Apéndice N.° 1* contiene, en forma de tabla, los diferentes valores de c determinados de diez en diez segundos para todas las inclinaciones comprendidas entre cero y cuatro grados, á fin de abreviar todo lo posible el cálculo de las bases.

Tambien se puede obtener, valiéndose del ángulo de inclinacion I, la diferencia de nivel entre las dos rayas ó extremos de la regla en cada posicion y, por lo tanto, un perfil del terreno por el plano vertical de la base si se mide la altura de la extremidad anterior de la regla sobre el suelo cuantas veces se quiera conocer la cota de éste. El cálculo exige que al ángulo I se le atribuya un signo relativo á las elevaciones ó depresiones, habiendo yo admitido el *más* para cuando el extremo anterior resulta más alto que el posterior.

Representando:

d ... la diferencia de nivel entre las dos extremidades de la regla,

se tendrá:

$$d = 4000^{mm} \text{ . sen. I.}$$

En el *Apéndice N.°* 2 se hallan, igualmente en forma de tabla, los valores de *d* calculados de diez en diez segundos desde cero á cuatro grados.

De los valores correspondientes á φ y á F_{t_R}, se tratará en los capítulos siguientes.

La distancia horizontal correspondiente al último dia de medicion de una base, se calculará introduciendo en la fórmula (2) los datos obtenidos para las posiciones en que se haya empleado toda la longitud de la regla, y por medio de la (1) cada una de las en que no haya sido posible valerse de las divisiones extremas, deduciendo despues por una

simple proporcion la longitud que corresponda á la parte de regla empleada. El valor de c se obtiene por la fórmula (3) sustituyendo á los 8000^{mm} el doble de la misma parte de regla.

La segunda medicion de la base difiere tan sólo de la primera al fin de cada dia, en la última posicion de la regla, á la cual hay que adaptar, como se ha indicado, la reglita que sirve para conocer la pequeña distancia que se debe añadir ó quitar á la longitud medida.

Representando por:

d ... esta distancia obtenida por medio de la reglita de plata,

$[t']$ ... la suma de las temperaturas medias de la regla en las diferentes posiciones en un dia de la segunda medicion,

$[c']$ ... la suma de las correcciones relativas á la inclinacion de la regla en un dia de la segunda medicion,

D' ... el segundo valor de la distancia horizontal correspondiente al mismo dia,

será:

$$(4) \qquad D' = n\,F_{t_R} - \left(n\,t_R - [t']\right)\varphi - [c'] + d.$$

Conocidos los dos valores D y D' para cada uno de los dias de medicion de una base, podrá calcularse el *error probable* debido á los *errores accidentales* cometidos en la misma operacion.

Designando:

n_1, n_2, n_3 ... n_m, el número de reglas correspondientes á cada uno de los dias de medicion,

δ_1, δ_2, δ_3 ... δ_m, las diferencias D — D′ correspondientes á los mismos dias,

Δ_a ... el *error probable* que se busca,

será:

$$(5)\quad \Delta_a = 0{,}6745 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n_1+n_2+..n_m}{n_1}\delta^2{}_1 + \frac{n_1+n_2+..n_m}{n_2}\delta^2{}_2 + .. \frac{n_1+n_2+..n_m}{n_m}\delta^2{}_m}$$

CAPITULO III.

DILATACION LINEAL DE LA REGLA.

Para determinar la cantidad lineal que la regla del aparato se dilata ó contrae por cada grado del termómetro centígrado en que cambia la temperatura, hice uso de dos microscopios micrométricos sólidamente asegurados en un muro de sillería y colocados verticalmente dentro de una pieza baja á cuatro metros de distancia uno de otro; con ellos medí, á temperaturas conocidas, las diferencias de

longitudes de la regla, la cual se hallaba sumergida en aceite que se calentaba á voluntad, pudiendo por lo tanto deducir de las observaciones el coeficiente de dilatacion.

Los microscopios producian una amplificacion lineal de sesenta veces y con sus micrómetros, de hilos movibles, se apreciaba hasta la milésima parte de un milímetro. No se descuidó ninguna precaucion para dar á los ejes ópticos una posicion vertical, y se determinó con frecuencia el valor del paso de rosca de los tornillos micrométricos para tenerlo en cuenta si era necesario. El muro en que se fijaron los microscopios, era independiente del piso de la sala; y las observaciones se hicieron con luz artificial producida por lámparas convenientemente dispuestas.

Dentro de una caja de zinc, reforzada con dobles escuadras de hierro, se colocó la regla sobre dos apoyos semi-cilíndricos cuyas aristas superiores se hallaban en un mismo plano, siendo fácil nivelar ésta porque la caja estaba apoyada en dos soportes del aparato, los cuales descansaban á su vez en un tablon que resbalaba sobre dos barras de hierro independientes del pavimento. La caja se llenaba de aceite calentado á la temperatura que era menester, cubriéndola despues con una tapa que no dejaba visibles más que las hojas de plata extremas de la regla, las cuales se hallaban preservadas del contacto directo del aceite por medio de unas vejigas dispuestas al efecto. Envolvian á la caja con su tapa, varias capas de algodon en rama, para evitar la influencia de la temperatura del aire

sobre la del líquido. Esta se uniformaba, agitando el mismo líquido con unas paletas especiales, y se media con los cuatro termómetros de la regla que, para esta operacion, se habian colocado de suerte que sobresaliesen de la caja pasando por pequeños taladros á fin de poder verificar las lecturas de sus escalas.

Como proyectaba observar á temperaturas muy distintas y por lo tanto debia cambiar notablemente la longitud de la regla entre sus dos rayas extremas, era fácil prever que éstas se saldrían alguna vez de los campos en los respectivos microscopios; por cuya razon dispuse que se trazasen otras dos en cada una de las extremidades, de suerte que dejasen entre sí intervalos de un milímetro, y estuviesen marcadas con uno y dos puntos otras rayas que se correspondiesen con las anteriores en el otro borde de la hoja de plata, como se indica en F, F', F'' (fig. 35), para saber á cual de las anteriores se apuntaba y tenerlo en cuenta al tiempo de calcular. Equivaliendo una vuelta ó revolucion del tambor micrométrico á un decimilímetro (pág. 82), es evidente que si se observó la raya F' deben añadirse ó quitarse, segun el microscopio de que se trate, diez vueltas á la lectura; y si la F'' veinte vueltas en la misma forma. Concluidos que fueron estos experimentos, y para evitar equivocaciones, se borraron las cuatro rayas añadidas en el borde usado para la medicion y las seis que, en el borde opuesto, llevaban las marcas de que se ha hecho mérito.

Solo me hallaba para ejecutar este trabajo y he aquí el órden en que hacia las observaciones. Despues de nivelar cuidadosamente la regla, de agitar largo rato el aceite del baño hasta que las indicaciones de los cuatro termómetros diferian entre si en $0^{G},2$ cuando más, observaba con el micrómetro del microscopio Este la correspondiente raya de la regla y, sin hacer la lectura, me trasladaba inmediatamente al microscopio Oeste con cuyo micrómetro de hilos movibles verificaba del mismo modo la puntería de la otra raya pasando sin pérdida de tiempo á los cuatro termómetros cuyas lecturas anotaba en un cuaderno; tambien escribia en el mismo cuaderno las de los micrómetros, correspondientes á la posicion en que habia dejado los hilos. En la segunda medicion comenzaba por las lecturas de los termómetros y terminaba por las de los micrómetros, alternando así en las mediciones impares y pares hasta completar una série de diez. Antes de cada medicion anotaba la lectura de un termómetro colocado fuera del baño y entre los dos microscopios, para conocer los cambios de temperatura que pudiese experimentar el aire en la proximidad del muro á que se habian fijado aquellos. Terminada una série se cambiaba la temperatura del baño de aceite, habiendo hecho 140 mediciones distribuidas en 14 séries á las temperaturas medias de 3^{G}, 4^{G}, 6^{G}, 9^{G}, 16^{G}, 19^{G}, 24^{G}, 31^{G}, 32^{G}, 33^{G}, 39^{G}, 42^{G}, 44^{G} y 53 centígrados.

Los tres *Estados* que siguen contienen las observacio-

nes. Con la letra *A* se designa el termómetro colocado fuera del baño de aceite y con los números 1, 2, 3, 4 los que indicaban la temperatura del mismo baño. Las rayas extremas de la regla, que son las permanentes, se designan con la letra *F*; y con *F'*, *F''* las que se grabaron tan sólo para esta operacion. La unidad á que se refieren las lecturas micrométricas es la vuelta del tambor.

N.º	TERMÓMETROS.					MICROSCOPIO E.		MICROSCOPIO O.	
	A	1	2	3	4	Raya observada.	Lectura micrométrica	Raya observada.	Lectura micrométrica
	G	G	G	G	G		V		V
1	4,8	4,4	4,4	4,4	4,4	F	12,302	F	6,760
2	4,8	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,290	»	6,746
3	4,9	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,280	»	6,737
4	4,9	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,299	»	6,756
5	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,301	»	6,760
6	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,287	»	6,746
7	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,288	»	6,745
8	5,1	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,290	»	6,748
9	5,2	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,284	»	6,741
10	5,2	4,4	4,4	4,4	4,4	»	12,280	»	6,736
11	8,8	44,6	44,7	44,6	44,6	F′	8,490	F	10,360
12	10,4	44,2	44,2	44,3	44,2	»	8,596	»	10,290
13	10,8	43,8	43,7	43,7	43,6	»	8,670	»	10,078
14	10,8	42,9	42,9	42,8	42,8	»	8,750	»	9,819
15	10,9	42,2	42,1	42,0	42,0	»	8,855	»	9,577
16	10,9	41,4	41,4	41,4	41,3	»	8,960	»	9,355
17	11,0	41,1	41,1	41,1	41,0	»	9,006	»	9,306
18	11,1	40,8	40,8	40,8	40,6	»	9,039	»	9,197
19	11,2	40,5	40,5	40,3	40,3	»	9,045	»	9,055
20	11,2	40,3	40,3	40,1	40,1	»	9,110	»	9,019
21	10,0	31,5	31,6	31,5	31,5	F′	11,890	F	8,039
22	10,0	31,4	31,5	31,5	31,3	»	11,919	»	8,052
23	9,9	31,2	31,3	31,3	31,1	»	11,949	»	7,997
24	9,8	31,0	31,0	31,0	30,9	»	12,014	»	7,949
25	9,7	30,8	30,8	30,9	30,8	»	12,010	»	7,854
26	9,7	30,8	30,8	30,8	30,7	»	12,033	»	7,858
27	9,6	30,6	30,7	30,8	30,7	»	12,084	»	7,876
28	9,6	30,4	30,4	30,4	30,4	»	12,110	»	7,780
29	9,6	30,3	30,3	30,4	30,2	»	12,133	»	7,756
30	9,6	30,2	30,2	30,2	30,2	»	12,158	»	7,755
31	5,8	6,3	6,3	6,2	6,2	F	12,016	F	7,268
32	5,7	6,3	6,3	6,2	6,2	»	12,014	»	7,266
33	5,5	6,3	6,3	6,2	6,2	»	12,020	»	7,274
34	5,5	6,3	6,3	6,2	6,2	»	12,019	»	7,273
35	5,5	6,3	6,3	6,2	6,3	»	12,023	»	7,284
36	5,4	6,3	6,3	6,3	6,3	»	12,020	»	7,296
37	5,4	6,3	6,3	6,3	6,3	»	12,021	»	7,300
38	5,4	6,3	6,3	6,3	6,3	»	12,023	»	7,302
39	5,3	6,2	6,2	6,2	6,2	»	12,030	»	7,266
40	5,3	6,2	6,2	6,2	6,2	»	12,025	»	7,260
41	8,0	39,6	39,6	39,6	39,5	F′	9,850	F	9,588
42	8,0	39,5	39,5	39,4	39,4	»	9,885	»	9,517
43	8,0	39,2	39,2	39,2	39,1	»	9,925	»	9,439
44	7,8	39,1	39,1	39,0	39,0	»	9,931	»	9,395
45	7,7	38,9	38,9	38,9	38,9	»	9,970	»	9,332
46	7,7	38,7	38,7	38,7	38,7	»	10,019	»	9,333
47	7,7	38,6	38,6	38,6	38,5	»	10,070	»	9,291
48	7,7	38,4	38,5	38,4	38,3	»	10,090	»	9,233
49	7,7	38,3	38,3	38,3	38,2	»	10,121	»	9,176
50	7,7	38,1	38,1	38,1	38,0	»	10,160	»	9,164

N.º	TERMÓMETROS.					MICROSCOPIO E.		MICROSCOPIO O.	
	A	1	2	3	4	Raya observada.	Lectura micrométrica	Raya observada.	Lectura micrométrica
	G	G	G	G	G		V		V
51	7,2	46,2	46,2	46,0	46,2	F′	8,348	F	10,928
52	7,0	45,4	45,4	45,3	45,4	»	8,438	»	10,658
53	7,0	45,2	45,1	45,1	45,1	»	8,462	»	10,591
54	7,0	44,5	44,5	44,4	44,3	»	8,531	»	10,366
55	7,0	44,1	44,1	44,0	44,0	»	8,568	»	10,269
56	7,0	43,9	43,9	43,8	43,7	»	8,570	»	10,098
57	7,0	43,7	43,7	43,6	43,6	»	8,620	»	10,115
58	7,0	43,5	43,5	43,4	43,3	»	8,650	»	10,016
59	6,9	43,0	43,0	42,9	42,8	»	8,693	»	9,867
60	6,8	42,3	42,3	42,3	42,2	»	8,749	»	9,645
61	7,7	32,4	32,4	32,2	32,2	F′	11,801	F	8,430
62	7,7	32,0	32,0	31,9	31,8	»	11,909	»	8,451
63	7,7	31,8	31,8	31,7	31,7	»	11,992	»	8,413
64	7,7	31,6	31,5	31,4	31,4	»	12,070	»	8,309
65	7,7	31,3	31,3	31,2	31,1	»	12,151	»	8,270
66	7,7	31,0	31,0	30,9	30,9	»	12,220	»	8,225
67	7,5	30,8	30,8	30,7	30,7	»	12,293	»	8,230
68	7,5	30,5	30,5	30,4	30,4	»	12,381	»	8,165
69	7,5	30,1	30,1	30,1	30,1	»	12,502	»	8,111
70	7,5	29,8	29,8	29,8	29,8	»	12,580	»	8,071
71	6,7	16,2	16,2	16,3	16,3	F	9,942	F	9,499
72	6,7	16,2	16,2	16,2	16,3	»	9,950	»	9,489
73	6,9	16,1	16,1	16,1	16,2	»	10,350	»	9,854
74	6,8	16,0	16,0	16,1	16,0	»	10,385	»	9,849
75	6,8	16,0	15,9	16,0	16,0	»	10,380	»	9,811
76	6,8	16,0	15,8	16,0	16,0	»	10,403	»	9,842
77	6,8	16,0	16,0	16,0	15,9	»	10,409	»	9,854
78	6,8	16,0	16,0	16,0	15,9	»	10,416	»	9,852
79	6,7	16,0	16,0	15,9	15,8	»	10,426	»	9,837
80	6,7	15,8	15,8	15,7	15,7	»	10,429	»	9,775
81	6,0	8,8	8,8	8,9	8,8	F	11,940	F	8,303
82	6,0	8,8	8,8	8,9	8,8	»	11,942	»	8,310
83	5,9	8,8	8,8	8,9	8,8	»	11,949	»	8,319
84	5,9	8,8	8,8	8,9	8,8	»	11,942	»	8,310
85	5,9	8,8	8,8	8,9	8,8	»	11,950	»	8,317
86	5,9	8,8	8,8	8,8	8,8	»	11,961	»	8,321
87	5,9	8,8	8,8	8,8	8,8	»	11,957	»	8,322
88	5,9	8,8	8,8	8,8	8,8	»	11,959	»	8,309
89	5,9	8,8	8,8	8,8	8,7	»	11,956	»	8,301
90	5,9	8,8	8,8	8,8	8,7	»	11,970	»	8,311
91	6,8	34,7	34,6	34,6	34,6	F′	11,530	F	9,075
92	6,8	34,2	34,2	34,2	34,2	»	11,602	»	8,937
93	6,8	34,0	34,0	33,8	33,8	»	11,601	»	8,815
94	6,8	33,7	33,7	33,6	33,6	»	11,626	»	8,720
95	6,8	33,4	33,4	33,3	33,3	»	11,658	»	8,623
96	6,7	33,1	33,1	33,0	33,0	»	11,668	»	8,509
97	6,7	32,9	32,8	32,7	32,7	»	11,697	»	8,401
98	6,7	32,5	32,5	32,4	32,4	»	11,746	»	8,295
99	6,7	32,3	32,2	32,2	32,2	»	11,751	»	8,202
100	6,7	32,0	32,0	31,9	31,9	»	11,791	»	8,142

N.º	TERMÓMETROS.					MICROSCOPIO E.		MICROSCOPIO O.	
	A	1	2	3	4	Raya observada.	Lectura micrométrica	Raya observada.	Lectura micrométrica
	G	G	G	G	G		V		V
101	6,9	25,8	25,8	25,8	25,8	F′	13,478	F	7,056
102	6,9	25,5	25,5	25,5	25,5	»	13,478	»	7,029
103	6,9	25,4	25,3	25,3	25,3	»	13,532	»	7,014
104	6,9	24,9	24,9	24,9	24,9	»	13,670	»	6,973
105	6,9	24,7	24,7	24,6	24,6	»	13,719	»	6,903
106	6,9	24,4	24,4	24,4	24,4	»	13,790	»	6,869
107	6,8	23,6	23,6	23,6	23,6	»	13,996	»	6,743
108	6,9	23,4	23,4	23,4	23,4	»	14,056	»	6,722
109	6,9	23,2	23,2	23,2	23,2	»	14,100	»	6,644
110	6,9	23,0	23,0	22,9	22,9	»	14,171	»	6,621
111	6,8	20,0	20,0	20,0	20,0	F	9,720	F	10,912
112	6,8	19,5	19,5	19,5	19,5	»	9,800	»	10,781
113	6,8	19,4	19,4	19,4	19,4	»	9,870	»	10,809
114	6,8	19,3	19,3	19,2	19,2	»	9,912	»	10,753
115	6,8	19,1	19,1	19,0	19,0	»	9,918	»	10,714
116	6,9	19,0	19,0	19,0	19,0	»	9,963	»	10,727
117	6,9	19,0	18,9	19,0	19,0	»	10,000	»	10,751
118	6,9	18,7	18,7	18,8	18,8	»	10,046	»	10,699
119	6,9	18,7	18,7	18,7	18,7	»	10,064	»	10,670
120	6,9	18,5	18,5	18,5	18,5	»	10,091	»	10,616
121	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	F	13,420	F	7,330
122	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,413	»	7,355
123	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,415	»	7,378
124	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,419	»	7,361
125	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,420	»	7,354
126	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,414	»	7,351
127	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,418	»	7,355
128	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	»	13,416	»	7,350
129	3,5	3,2	3,2	3,2	3,3	»	13,413	»	7,353
130	3,5	3,2	3,2	3,2	3,3	»	13,410	»	7,360
131	5,0	54,6	54,6	54,6	54,5	F″	10,990	F	7,056
132	5,1	54,4	54,3	54,4	54,3	»	11,070	»	7,020
133	5,2	54,2	54,2	54,1	54,1	»	11,108	»	7,053
134	5,2	53,9	53,8	53,8	53,8	»	11,190	»	6,905
135	5,2	53,6	53,6	53,6	53,5	»	11,276	»	6,944
136	5,2	53,4	53,2	53,3	53,2	»	11,368	»	6,882
137	5,2	53,2	53,1	53,0	53,0	»	11,420	»	6,823
138	5,2	52,8	52,6	52,8	52,6	»	11,622	»	6,936
139	5,2	52,5	52,3	52,4	52,3	»	11,709	»	6,863
140	5,2	52,2	52,0	52,2	52,0	»	11,789	»	6,839

El valor de la vuelta del tambor ó paso de rosca del tornillo micrométrico, está determinado en funcion de la distancia que mediaba entre dos rayas consecutivas de la regla; distancia que se consideró exactamente igual á un milímetro. Se apuntó, por lo tanto, á cada una de dichas rayas deduciendo de la diferencia de lecturas micrométricas la relacion del paso de rosca con el milímetro, cuya operacion se hizo 138 veces con cada uno de los dos microscopios. El promedio de estos valores es en ambos micrómetros, como puede verse en el siguiente *Estado*, $0^{mm},0999$; cantidad tan próxima á un decimilímetro que he adoptado esta última como resultado suficientemente exacto, con lo que se simplifican notablemente los cálculos.

N.º	Este.	Oeste.	N.º	Este.	Oeste.	N.º	Este.	Oeste.
	mm	mm		mm	mm		mm	mm
1	0,0997	0,0989	51	0,0984	0,0992	101	0,1008	0,0996
2	0,0996	0,0986	52	0,0989	0,0994	102	0,1006	0,1003
3	0,1004	0,1002	53	0,0980	0,0995	103	0,1009	0,0995
4	0,0998	0,1007	54	0,0988	0,0992	104	0,1007	0,1002
5	0,0995	0,0998	55	0,1008	0,1004	105	0,1005	0,1003
6	0,1004	0,1002	56	0,1003	0,0994	106	0,1007	0,0996
7	0,0995	0,0991	57	0,1022	0,1002	107	0,1007	0,0998
8	0,1001	0,1001	58	0,1011	0,0995	108	0,1002	0,1000
9	0,1001	0,1008	59	0,1003	0,1007	109	0,1002	0,0998
10	0,1002	0,1012	60	0,1005	0,0999	110	0,1005	0,1000
11	0,1001	0,1003	61	0,1010	0,1004	111	0,1004	0,0995
12	0,1007	0,1007	62	0,1001	0,1001	112	0,1006	0,1008
13	0,1002	0,1007	63	0,1014	0,0991	113	0,0995	0,0994
14	0,1002	0,1001	64	0,1021	0,0998	114	0,0990	0,1002
15	0,1004	0,1002	65	0,1022	0,0998	115	0,0996	0,0996
16	0,1005	0,1002	66	0,1021	0,0996	116	0,0991	0,1000
17	0,1006	0,1001	67	0,1016	0,0989	117	0,0991	0,1008
18	0,1003	0,0997	68	0,1017	0,0988	118	0,0989	0,0999
19	0,1001	0,1005	69	0,1017	0,0984	119	0,1002	0,0995
20	0,1006	0,1001	70	0,1017	0,0998	120	0,1003	0,0994
21	0,1002	0,0995	71	0,1012	0,1003	121	0,0999	0,0997
22	0,1003	0,0999	72	0,1011	0,1001	122	0,1005	0,0998
23	0,0987	0,0995	73	0,0995	0,1006	123	0,1005	0,1002
24	0,0983	0,0998	74	0,0997	0,0998	124	0,1009	0,0994
25	0,0977	0,0988	75	0,0996	0,1009	125	0,1004	0,0999
26	0,0984	0,0996	76	0,0997	0,1005	126	0,1007	0,0996
27	0,0981	0,0983	77	0,1005	0,1004	127	0,1006	0,1000
28	0,0985	0,0990	78	0,1003	0,1003	128	0,1004	0,1000
29	0,0989	0,0993	79	0,1003	0,1002	129	0,1005	0,1002
30	0,0985	0,0983	80	0,1004	0,1004	130	0,0999	0,1000
31	0,0989	0,0992	81	0,0993	0,1008	131	0,1001	0,0995
32	0,0988	0,0995	82	0,0995	0,1015	132	0,1002	0,0997
33	0,0980	0,0990	83	0,0989	0,1007	133	0,1004	0,0995
34	0,0986	0,0994	84	0,0994	0,1015	134	0,1002	0,0999
35	0,0983	0,1009	85	0,0992	0,1007	135	0,1005	0,0996
36	0,0986	0,0997	86	0,0996	0,1006	136	0,1001	0,0992
37	0,0995	0,1007	87	0,0996	0,1008	127	0,1002	0,0998
38	0,0987	0,1020	88	0,0998	0,1005	138	0,1003	0,0996
39	0,0991	0,0992	89	0,0991	0,0996			
40	0,0984	0,0984	90	0,0993	0,0994	Promedios..	0,0999	0,0999
41	0,0991	0,1003	91	0,0989	0,0994			
42	0,0982	0,0980	92	0,0993	0,0994			
43	0,0988	0,1007	93	0,0990	0,1005			
44	0,0995	0,1001	94	0,0993	0,1008			
45	0,0986	0,1007	95	0,0987	0,1013			
46	0,0994	0,1005	96	0,0996	0,0998			
47	0,0983	0,0997	97	0,1012	0,0993			
48	0,0988	0,0994	98	0,1007	0,1001			
49	0,0984	0,0993	99	0,1007	0,0994			
50	0,0982	0,0991	100	0,1004	0,1002			

1 vuelta del tambor = $0^{mm},1$

Las fórmulas necesarias para sustituir en ellas los datos numéricos que anteceden, pueden establecerse como sigue.

Designando:

φ ... lo que se dilata la regla por cada grado del termómetro centígrado (capítulo II),

l ... la longitud de la regla á 3^{G} que es la menor temperatura observada,

$l_1, l_2, l_3 \ldots l_n$, las diferentes longitudes de la regla á las demás temperaturas,

$t_1, t_2, t_3 \ldots t_n$, las temperaturas correspondientes,

se forman las siguientes ecuaciones:

$$(6) \qquad \begin{aligned} l_1 &= l + (t_1 - 3)\,\varphi \\ l_2 &= l + (t_2 - 3)\,\varphi \\ l_3 &= l + (t_3 - 3)\,\varphi \\ &\vdots \\ l_n &= l + (t_n - 3)\,\varphi \end{aligned}$$

Cada una de ellas dará un valor para φ y el promedio será con suficiente exactitud el resultado que se desea.

Para calcular los valores de $l, l_1, l_2 \ldots l_n$, prescindo de la constante $a\ b$ (fig. 34), distancia entre los ejes ópticos de los microscopios, teniendo tan sólo en cuenta las diferencias á esta constante, las cuales se miden con los tornillos micrométricos. Atribuyendo la lectura *diez vueltas* del tambor micrométrico á la posicion del eje óptico, con el objeto de no tener indicaciones negativas, será fácil con presencia de la figura y de las lecturas micrométricas

contenidas en los *Estados*, hallar para cada caso el valor que se desea, suponiendo que *o*, *o* son los objetivos de los microscopios. En efecto: el primero de los diez valores de *l* (operacion núm. 121) se deducirá teniendo en cuenta que en el microscopio Este se leyeron más de diez vueltas siendo, por lo tanto, el caso indicado en la figura con la letra *f*; miéntras que en el Oeste corresponde á *e* por no llegar á diez las vueltas leidas; y por consiguiente:

$$l=ef=ab-fb-ae=ab-(13^v,420-10^v)-(10^v-7^v,360)=ab-6^v,060$$

De esta manera se han determinado los diez valores de $(l - a\,b)$ que aparecen en el *Estado* siguiente (números 121 á 130) cuyo promedio $-6^v,0601$ he adoptado como valor de *l* prescindiendo de la constante. Respecto de $l_1, l_2, \ldots l_n$ se ha seguido el mismo método; así por ejemplo para la l_{41} en que por haber apuntado á *F'* hay que agregar 10^v al valor que resulte, se tendrá:

$$l_{41}=cd=ab+bd-ac+10^v=ab+(10^v-9^v,850)-(10^v-9^v,538)+ +10^v=ab+9^v,688$$

y la ecuacion correspondiente (6):

$$l_{41} = l + (t_{41} - 3)\,\varphi\,,$$

recordando que debe hacerse la correccion $-0^c,2$ á los diferentes valores de *t* (capítulo II), será:

$$a\,b + 9^v,688 = a\,b - 6^v,0601 + 36,37\,\varphi$$

de la cual se deduce para φ, teniendo presente que $1^v = 0^{mm},1$,

$$0^{mm},043300$$

valor que aparece en el *Estado* siguiente con el número 41.

Tal es el procedimiento empleado para obtener los 130 valores de φ comprendidos en la página que sigue, á cuyo pié se halla el promedio general adoptado como valor definitivo:

(7) $\varphi = 0^{mm},043193$

N°	l	$t-3$	φ	N°	l	$t-3$	φ	N°	l	$t-3$	φ
	v	G	mm		v	G	mm		v	G	mm
1	— 5,542	1,20	0,043175	51	+12,580	42,95	0,043400	101	+ 3,678	22,60	0,043089
2	— 5,544	1,20	0,043008	52	+12,220	42,17	0,043349	102	+ 3,551	22,30	0,043099
3	— 5,543	1,20	0,043092	53	+12,129	41,92	0,043390	103	+ 3,482	22,12	0,043138
4	— 5,543	1,20	0,043092	54	+11,835	41,22	0,043414	104	+ 3,283	21,70	0,043056
5	— 5,541	1,20	0,043258	55	+11,701	40,85	0,043479	105	+ 3,184	21,45	0,043096
6	— 5,541	1,20	0,043258	56	+11,528	40,62	0,043299	106	+ 3,079	21,20	0,043109
7	— 5,543	1,20	0,043092	57	+11,495	40,45	0,043400	107	+ 2,747	20,40	0,043172
8	— 5,542	1,20	0,043175	58	+11,366	40,22	0,043327	108	+ 2,666	20,20	0,043199
9	— 5,543	1,20	0,043092	59	+11,174	39,72	0,043389	109	+ 2,544	20,00	0,043020
10	— 5,544	1,20	0,043008	60	+10,896	39,07	0,043399	110	+ 2,450	19,75	0,043089
11	+11,870	41,42	0,043289	61	+ 6,629	29,10	0,043605	111	+ 1,192	16,80	0,043167
12	+11,694	41,02	0,043282	62	+ 6,542	28,72	0,043879	112	+ 0,981	16,30	0,043196
13	+11,408	40,50	0,043131	63	+ 6,421	28,55	0,043717	113	+ 0,939	16,20	0,043204
14	+11,069	39,65	0,043201	64	+ 6,239	28,27	0,043506	114	+ 0,841	16,05	0,042997
15	+10,722	38,87	0,043175	65	+ 6,119	28,02	0,043466	115	+ 0,766	15,85	0,043067
16	+10,395	38,17	0,043110	66	+ 6,005	27,75	0,043478	116	+ 0,759	15,80	0,043159
17	+10,300	37,87	0,043201	67	+ 5,937	27,55	0,043547	117	+ 0,751	15,77	0,043190
18	+10,158	37,55	0,043191	68	+ 5,784	27,25	0,043465	118	+ 0,653	15,55	0,043171
19	+10,010	37,20	0,043199	69	+ 5,609	26,90	0,043380	119	+ 0,606	15,50	0,043007
20	+ 9,909	37,00	0,043160	70	+ 5,491	26,60	0,043425	120	+ 0,525	15,30	0,043040
21	+ 6,149	28,32	0,043111	71	— 0,443	13,05	0,043043	121	— 6,060		
22	+ 6,133	28,22	0,043207	72	— 0,461	13,02	0,043004	122	— 6,058		
23	+ 6,048	28,02	0,043212	73	— 0,496	12,92	0,043066	123	— 6,057		
24	+ 5,935	27,77	0,043194	74	— 0,536	12,82	0,043090	124	— 6,058		
25	+ 5,844	27,62	0,043099	75	— 0,569	12,77	0,043001	125	— 6,066		
26	+ 5,820	27,57	0,043091	76	— 0,561	12,75	0,043130	126	— 6,063		
27	+ 5,792	27,50	0,043099	77	— 0,555	12,77	0,043110	127	— 6,063		
28	+ 5,670	27,20	0,043125	78	— 0,564	12,77	0,043039	128	— 6,066		
29	+ 5,623	27,10	0,043111	79	— 0,589	12,72	0,043012	129	— 6,060		
30	+ 5,597	27,00	0,043174	80	— 0,654	12,55	0,043076	130	— 6,050		
31	— 4,748	3,05	0,043019	81	— 3,637	5,62	0,043116	131	+16,066	51,37	0,043072
32	— 4,748	3,05	0,043019	82	— 3,632	5,62	0,043205	132	+15,950	51,15	0,043030
33	— 4,746	3,05	0,043085	83	— 3,630	5,62	0,043240	133	+15,945	50,95	0,043190
34	— 4,746	3,05	0,043085	84	— 3,632	5,62	0,043205	134	+15,715	50,62	0,043017
35	— 4,739	3,07	0,043033	85	— 3,633	5,62	0,043187	135	+15,668	50,37	0,043137
36	— 4,724	3,10	0,043100	86	— 3,640	5,60	0,043216	136	+15,514	50,07	0,043088
37	— 4,721	3,10	0,043197	87	— 3,635	5,60	0,043305	137	+15,403	49,87	0,043038
38	— 4,721	3,10	0,043197	88	— 3,650	5,60	0,043037	138	+15,314	49,50	0,043180
39	— 4,764	3,00	0,043203	89	— 3,655	5,57	0,043180	139	+15,154	49,17	0,043144
40	— 4,765	3,00	0,043170	90	— 3,659	5,57	0,043108	140	+15,050	48,90	0,043170
41	+ 9,688	36,37	0,043300	91	+ 7,545	31,42	0,043301				
42	+ 9,632	36,25	0,043289	92	+ 7,335	31,00	0,043210				
43	+ 9,514	35,97	0,043297	93	+ 7,214	30,70	0,043238				
44	+ 9,464	35,85	0,043303	94	+ 7,094	30,45	0,043199				
45	+ 9,362	35,70	0,043199	95	+ 6,965	30,15	0,043201				
46	+ 9,314	35,50	0,043307	96	+ 6,841	29,85	0,043220				
47	+ 9,221	35,37	0,043204	97	+ 6,704	29,57	0,043166				
48	+ 9,143	35,20	0,043191	98	+ 6,549	29,25	0,043108				
49	+ 9,055	35,07	0,043100	99	+ 6,451	29,02	0,043112				
50	+ 9,004	34,87	0,043201	100	+ 6,351	28,75	0,043169				

Promedio general... $\varphi = 0^{mm},043193$

Conviene ahora determinar el grado de precision que tiene el anterior resultado, para lo cual hay que calcular ántes el *error medio* de una determinacion.

Designando:

$d_1, d_2 \ldots d_n$, las diferencias de cada uno de los valores de φ con su promedio,

n ... el número de estos valores,

e ... el *error medio* de una determinacion,

Δ_φ ... el *error probable* de φ,

será:

$$(8) \quad e = \sqrt{\frac{d^2_1 + d^2_2 + \ldots d^2_n}{n-1}}$$

$$(9) \quad \Delta_\varphi = 0{,}6745 \frac{e}{\sqrt{n}}.$$

En el *Estado* siguiente se hallan las diferencias de cada uno de los 130 valores de φ, con su promedio general.

N.º	Diferencias con el promedio φ	N.º	Diferencias con el promedio φ	N.º	Diferencias con el promedio φ
	mm		mm		mm
1	— 0,000018	51	+ 0,000207	101	— 0,000104
2	— 0,000185	52	+ 0,000156	102	— 0,000094
3	— 0,000101	53	+ 0,000197	103	— 0,000055
4	— 0,000101	54	+ 0,000221	104	— 0,000137
5	+ 0,000065	55	+ 0,000286	105	— 0,000097
6	+ 0,000065	56	+ 0,000106	106	— 0,000084
7	— 0,000101	57	+ 0,000207	107	— 0,000021
8	— 0,000018	58	+ 0,000134	108	+ 0,000006
9	— 0,000101	59	+ 0,000196	109	— 0,000173
10	— 0,000185	60	+ 0,000206	110	— 0,000104
11	+ 0,000096	61	+ 0,000412	111	— 0,000026
12	+ 0,000089	62	+ 0,000686	112	+ 0,000003
13	— 0,000062	63	+ 0,000524	113	+ 0,000011
14	+ 0,000008	64	+ 0,000313	114	— 0,000196
15	— 0,000018	65	+ 0,000273	115	— 0,000126
16	— 0,000083	66	+ 0,000285	116	— 0,000034
17	+ 0,000008	67	+ 0,000354	117	— 0,000103
18	— 0,000002	68	+ 0,000272	118	— 0,000022
19	+ 0,000006	69	+ 0,000187	119	— 0,000186
20	— 0,000033	70	+ 0,000232	120	— 0,000153
21	— 0,000082	71	— 0,000150	121	— 0,000121
22	+ 0,000014	72	— 0,000189	122	— 0,000163
23	+ 0,000019	73	— 0,000127	123	— 0,000003
24	+ 0,000001	74	— 0,000103	124	— 0,000176
25	— 0,000094	75	— 0,000193	125	— 0,000056
26	— 0,000102	76	— 0,000063	126	— 0,000105
27	— 0,000094	77	— 0,000083	127	— 0,000155
28	— 0,000068	78	— 0,000154	128	— 0,000013
29	— 0,000082	79	— 0,000181	129	— 0,000049
30	— 0,000019	80	— 0,000117	130	— 0,000023
31	— 0,000174	81	— 0,000077		
32	— 0,000174	82	+ 0,000012		
33	— 0,000108	83	+ 0,000047		
34	— 0,000108	84	+ 0,000012		
35	— 0,000160	85	— 0,000006		
36	— 0,000093	86	+ 0,000023		
37	+ 0,000004	87	+ 0,000112		
38	+ 0,000004	88	— 0,000156		
39	+ 0,000010	89	— 0,000013		
40	— 0,000023	90	— 0,000085		
41	+ 0,000107	91	+ 0,000108		
42	+ 0,000096	92	+ 0,000017		
43	+ 0,000104	93	+ 0,000045		
44	+ 0,000110	94	+ 0,000006		
45	+ 0,000006	95	+ 0,000008		
46	+ 0,000114	96	+ 5,000027		
47	+ 0,000011	97	— 0,000027		
48	— 0,000002	98	— 0,000085		
49	— 0,000093	99	— 0,000081		
50	+ 0,000008	100	— 0,000024		

Sustituyendo estas cantidades en la fórmula (8), resulta para el *error medio* de una determinacion:

$$e = \sqrt{\frac{0{,}000002839127}{129}} = \pm 0^{mm},000148$$

y para el *error probable* de φ [(9)]:

$$(10) \quad \Delta_{\varphi} = 0{,}6745 \frac{0^{mm},000148}{\sqrt{130}} = \pm 0^{mm},000009.$$

Del valor de φ, correspondiente á una regla cuya longitud es cuatro metros, puede deducirse el *coeficiente de dilatacion* del hierro laminado sometido al experimento, por *unidad de longitud* y por *cada grado del termómetro centígrado*, con su correspondiente *error probable*. Los valores (7) y (10) dan para este *coeficiente*:

$$0{,}000010798 \pm 0{,}000000002.$$

CAPITULO IV.

DETERMINACION DE LA LONGITUD DE LA REGLA.

Conocida la dilatacion lineal φ de la regla por cada grado del termómetro centígrado, faltaba únicamente saber el valor de la constante F_{t_R} para poder calcular por las fórmulas (1), (2) y (4) la longitud de las bases que se midan con este aparato: esto exigía una comparacion muy precisa de la regla con un tipo lineal cuya longitud sea conocida á una temperatura cualquiera. La regla del aparato pertene-

ciente á la Comision del Mapa de España (capítulo I) satisface cumplidamente á esta condicion, teniendo toda la importancia científica de un tipo ó patron con el cual han venido ya á comparar los suyos ó solicitado permiso para verificarlo, por medio de sus delegados, los gobiernos de algunas naciones extranjeras; por cuyas razones la elegí para la comparacion que debia yo llevar á cabo.

Con tal objeto dispuse que se fijasen los dos microscopios micrométricos de este aparato y se colocasen los demás accesorios, de una manera muy semejante á la indicada en el capítulo III (1), con la diferencia de que, debiendo operar á la temperatura del aire de la habitacion, eran innecesarios los baños de aceite, y las reglas se hallaban simplemente colocadas sobre sus respectivos soportes.

La observacion con cada microscopio micrométrico, de la raya correspondiente al platino y al laton en las extremidades de la regla tipo (capítulo I) é iguales observaciones en las rayas extremas de la del nuevo aparato, juntamente con la lectura de los cuatro termómetros de ésta, constituian una comparacion.

Antes de presentar los datos numéricos obtenidos en

(1) Para enterarse de los pormenores, véase la *Comparacion de la regla geodésica perteneciente al gobierno de S. A. el Virey de Egipto con la que sirvió para la medicion de la base central del Mapa de España, por el Astrónomo Ismaïl Effendy y el Coronel D. Cárlos Ibañez. Memorias de la Academia de Ciencias, tomo II. Madrid*, 1863. Tambien puede verse, á falta de esta Memoria, el Apéndice número 9 de la *Base central de la triangulacion geodésica de España. Madrid*, 1865. En ambas publicaciones se describe el comparador, que es el mismo empleado últimamente.

las 120 comparaciones parciales, estableceré las fórmulas que se han de emplear en el cálculo de los resultados. Para esto será preciso que el lector recuerde la forma y disposicion de la barra de platino y de la de laton que constituyen la regla tipo (capítulo I) (1) y

Designando:

P'_t ... la distancia que media, á una temperatura cualquiera t, entre las dos rayas extremas trazadas en la barra de platino de la regla tipo,

L'_t ... la distancia entre las dos rayas elegidas para la observacion en la barra de laton cuando ésta se halle á la misma temperatura t,

R' ... la distancia $4001^{mm},0378$, perfectamente conocida, comprendida entre las indicadas rayas á la temperatura en que la regla de platino y la de laton tienen la misma longitud (capítulo I),

r ... la relacion 0,9052 que existe entre la dilatacion de la regla de platino y la diferencia de dilataciones del laton y del platino,

se verificará:

$$(11) \quad R' = P'_t + r\left(P'_t - L'_t\right).$$

Representando:

---

(1) Puede verse para más detalles la obra: *Experiencias hechas con el aparato de medir bases perteneciente á la Comision del Mapa de España. Madrid*, 1859.

N' ... el número 40000 de las divisiones menores de la barra de platino comprendidas entre las rayas de que se ha hecho mencion,

p', l' ... las lecturas micrométricas hechas con uno de los microscopios sobre el platino y sobre el laton,

p'', l'' ... las lecturas análogas hechas con el otro microscopio,

h ... el valor medio $0^{D},9858$ (1) de las vueltas de los dos micrómetros,

será:

$$(12) \quad P'_t - L'_t = h\,(p' - p'' + l'' - l')\,\frac{P'}{N'}.$$

Sustituyendo en la (11) y haciendo para simplificar:

$$(13) \quad h\,(p' - p'' + l'' - l') = M$$

se obtiene:

$$(14) \quad R' = P'_t + r\,M\,\frac{P'_t}{N'}.$$

Designando:

F_T ... la distancia comprendida entre las rayas extremas de la regla del nuevo aparato á una temperatura cualquiera T, promedio entre las indicaciones de sus cuatro termómetros,

f', f'' ... las lecturas micrométricas hechas con ambos microscopios sobre las mencionadas rayas,

---

(1) *Base central de la triangulacion geodésica de España.*

y haciendo tambien para simplificar:

$$(15) \quad h\,(p'' - p' + f' - f'') = D,$$

será del mismo modo:

$$(16) \quad F_T = P'_t + D\,\frac{P'_t}{N'}.$$

Siendo:

α ... el coeficiente de dilatacion del hierro de que está formada la regla del nuevo aparato,

t_R ... la temperatura de $21^G,935$ á la cual la barra de platino de la regla tipo tiene, entre sus rayas extremas, la longitud $R' = 4001^{mm},0378$ (capitulo I),

F_{t_R} ... la longitud que se busca de la regla de hierro á la temperatura t_R (capítulo II),

se verificará:

$$(17) \quad \frac{F_T}{F_{t_R}} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t_R}$$

y si se hace:

$$(18) \quad \frac{\alpha N'}{1 + \alpha t_R}$$

resultará [(17)]:

$$(19) \quad F_T = F_{t_R}\left(1 - \frac{t_R - T}{N'}\,y\right).$$

Combinando las (16) y (19) se obtiene la ecuacion:

$$(20)\quad F_{t_R} = \frac{P'_t\left(1 + \frac{D}{N'}\right)}{1 - \frac{t_R - T}{N'}y}$$

que combinada á su vez con la (14) dá la relacion que se desea:

$$(21)\quad \frac{R'}{F_{t_R}} = \frac{1 + \frac{r\,M}{N'}}{1 + \frac{D}{N'}}\left(1 - \frac{t_R - T}{N'}\,y\right).$$

Haciendo para simplificar:

$$(22)\quad \frac{R'}{F_{t_R}} = 1 + \frac{x}{N'}$$

$$(23)\quad \frac{1}{1 + \frac{D}{N'}}(D - r\,M) = n$$

$$(24)\quad \left(1 - \frac{n}{N'}\right)(t - T) = e$$

la (21) se convierte en:

$$(25)\quad x + e\,y + n = 0.$$

Cada una de las comparaciones proporcionará un valor de n y otro de e, formándose con ellos una ecuacion de la misma forma que la (25): habrá, por consiguiente, el mismo número de ecuaciones que de comparaciones parciales, el cual suele ser crecido tratándose de una operacion que

exija cierta exactitud ; y siendo dos solamente las incógnitas (x, y) cuyos valores *más probables* hay que determinar, procede la aplicacion del *método de los minimos cuadrados*.

Designando :

ε ... el número de ecuaciones ,

$\Delta_1, \Delta_2 \ldots \Delta_\varepsilon$, los *errores* cometidos en las diferentes comparaciones ,

el grupo de ecuaciones será:

$$(26)\quad \begin{array}{l} x + e_1 y + n_1 = \Delta_1 \\ x + e_2 y + n_2 = \Delta_2 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ x + e_\varepsilon y + n_\varepsilon = \Delta_\varepsilon \end{array}$$

y adoptando la notacion ordinaria:

$$(27)\quad \begin{array}{l} e_1 + e_2 + \ldots\ldots + e_\varepsilon = [e] \\ n_1 + n_2 + \ldots\ldots + n_\varepsilon = [n] \\ e_1\, e_1 + e_2\, e_2 + \ldots + e_\varepsilon\, e_\varepsilon = [e\,e] \\ e_1\, n_1 + e_2\, n_2 + \ldots + e_\varepsilon\, n_\varepsilon = [e\,n] \end{array}$$

resultan las dos *ecuaciones normales*:

$$(28)\quad \varepsilon\, x + [e]\, y + [n] = 0$$

$$(29)\quad [e]\, x + [e\,e]\, y + [e\,n] = 0$$

de las cuales se deduce:

$$(30)\quad x = \frac{[e][en] - [ee][n]}{\varepsilon\,[ee] - [e][e]}$$

$$(31)\quad y = \frac{[e][n] - \varepsilon\,[en]}{\varepsilon\,[ee] - [e][e]}\,.$$

Volviendo al caso particular de que me ocupo, presento á continuacion, en forma de *Estados*, las lecturas micrométricas p', l', p'', l'' hechas sobre ambas extremidades de las barras de platino y de laton de la regla tipo y las correspondientes f', f'' á la del nuevo aparato, así como las indicaciones de los cuatro termómetros de esta última, numerados de 1 á 4, de cuyo promedio en cada comparacion resulta un valor de T.

Comparaciones.	REGLA TIPO.				REGLA DEL NUEVO APARATO.					
	p'	l'	p''	l''	f'	f''	1	2	3	4
	V	V	V	V	V	V	G	G	G	G
N.º 1	13,720	6,216	13,529	11,479	11,717	6,688	10,9	10,4	10,4	10,5
2	14,720	7,180	14,566	12,492	11,510	6,536	10,9	10,4	10,4	10,6
3	14,690	7,176	14,546	12,489	11,750	6,742	10,9	10,4	10,4	10,6
4	13,169	5,387	13,001	10,721	11,491	6,493	10,9	10,4	10,4	10,6
5	12,730	5,231	12,583	10,598	11,938	7,047	11,2	10,5	10,5	10,7
6	14,475	6,967	14,364	12,370	11,880	6,958	11,2	10,6	10,5	10,8
7	14,519	6,974	14,412	12,393	12,130	7,252	11,2	10,5	10,5	10,8
8	14,337	6,840	14,241	12,259	12,123	7,253	11,2	10,5	10,5	10,8
9	14,340	6,845	14,239	12,273	10,963	6,148	11,2	10,6	10,6	10,9
10	14,550	7,006	14,466	12,465	10,968	6,153	11,2	10,6	10,5	10,9
11	14,580	7,049	14,413	12,422	13,870	8,943	11,0	10,4	10,5	10,7
12	13,430	5,792	13,329	11,193	14,078	9,136	11,0	10,4	10,5	10,7
13	13,192	5,730	13,090	11,109	12,094	7,195	11,0	10,5	10,5	10,8
14	13,859	6,348	13,742	11,752	11,800	6,862	11,0	10,5	10,5	10,8
15	13,840	6,329	13,725	11,743	13,506	8,566	11,1	10,5	10,6	10,9
16	14,200	6,641	14,105	12,109	13,822	8,885	11,2	10,6	10,6	10,9
17	14,172	6,623	14,076	12,098	11,813	6,966	11,2	10,6	10,6	10,9
18	15,500	8,000	15,411	13,478	11,560	6,639	11,2	10,6	10,6	10,9
19	15,540	8,000	15,449	13,478	13,328	8,500	11,2	10,6	10,6	11,0
20	13,754	6,062	13,688	11,551	13,587	8,738	11,2	10,6	10,6	11,0
21	13,732	6,340	13,121	10,921	13,700	8,281	9,8	9,5	9,4	9,4
22	13,546	6,250	13,019	10,907	13,710	8,313	9,8	9,5	9,5	9,6
23	13,600	6,262	13,109	10,943	13,570	8,230	10,0	9,7	9,7	9,8
24	14,408	6,950	14,000	11,760	13,580	8,228	10,1	9,8	9,6	9,8
25	14,257	6,900	13,857	11,728	13,450	8,171	10,2	9,7	9,7	9,9
26	12,662	5,219	12,293	10,142	13,421	8,174	10,2	9,7	9,7	9,9
27	12,621	5,220	12,268	10,130	13,237	8,059	10,3	9,8	9,9	10,2
28	12,368	4,909	11,989	9,862	13,295	8,072	10,4	9,8	9,9	10,2
29	12,341	4,900	11,983	9,869	15,628	10,496	10,4	9,8	9,9	10,2
30	12,008	4,580	11,663	9,559	15,646	10,497	10,3	9,8	9,9	10,2
31	13,198	5,770	12,761	10,659	12,944	7,791	10,2	9,8	9,7	10,1
32	14,315	6,852	13,966	11,790	13,000	7,760	10,3	9,8	9,8	10,2
33	14,194	6,780	13,842	11,741	14,790	9,651	10,4	9,9	10,0	10,2
34	12,500	5,045	12,145	10,007	14,800	9,641	10,4	9,9	10,0	10,2
35	12,463	5,010	12,101	10,005	12,932	7,809	10,5	10,0	10,0	10,3
36	13,108	5,620	12,824	10,711	12,956	7,838	10,5	10,0	10,0	10,2
37	13,090	5,621	12,790	10,711	11,690	6,543	10,5	10,0	10,0	10,3
38	12,858	5,406	12,541	10,441	11,570	6,446	10,5	10,0	10,0	10,3
39	12,870	5,401	12,539	10,448	13,070	8,003	10,5	10,0	10,0	10,4
40	12,390	4,905	12,077	9,982	13,380	8,281	10,5	10,0	10,0	10,4
41	12,390	4,895	12,073	9,988	13,070	8,002	10,6	10,1	10,0	10,4
42	12,327	4,849	12,028	9,939	13,071	8,003	10,6	10,1	10,1	10,4
43	12,313	4,838	12,038	9,956	14,121	9,037	10,6	10,1	10,1	10,4
44	13,228	5,736	12,953	10,866	14,160	9,059	10,6	10,1	10,1	10,4
45	13,230	5,733	12,959	10,882	14,081	9,054	10,6	10,1	10,0	10,4
46	15,000	7,490	14,681	12,626	14,110	9,049	10,6	10,1	10,1	10,5
47	14,990	7,488	14,670	12,620	13,290	8,220	10,7	10,2	10,2	10,5
48	14,434	6,923	14,153	12,038	13,272	8,205	10,7	10,2	10,2	10,5
49	14,423	6,919	14,157	12,099	13,267	8,202	10,8	10,2	10,2	10,5
50	14,615	7,123	14,333	12,296	13,277	8,192	10,8	10,2	10,2	10,5

Comparaciones.	REGLA TIPO.				REGLA DEL NUEVO APARATO.					
	p'	l'	p''	l''	f'	f''	1	2	3	4
	V	V	V	V	V	V	G	G	G	G
N.° 51	14,658	7,230	14,272	12,176	13,440	8,239	10,2	10,0	10,0	10,2
52	14,685	7,245	14,289	12,199	13,440	8,252	10,2	10,0	10,0	10,2
53	14,685	7,249	14,297	12,200	11,750	6,565	10,2	10,0	10,0	10,2
54	14,602	7,150	14,241	12,154	11,751	6,570	10,2	10,0	10,0	10,2
55	14,602	7,160	14,254	12,153	14,870	9,200	10,3	10,0	10,0	10,2
56	15,421	7,962	15,076	13,002	14,362	9,229	10,4	10,0	10,0	10,3
57	15,420	7,960	15,077	13,000	13,870	8,699	10,4	10,0	10,1	10,3
58	15,174	7,719	14,847	12,783	13,860	8,739	10,4	10,0	10,1	10,3
59	15,178	7,712	14,856	12,784	11,790	6,692	10,4	10,0	10,1	10,4
60	14,040	6,542	13,683	11,605	11,800	6,678	10,4	10,1	10,1	10,4
61	11,435	4,113	10,848	8,550	13,971	8,557	9,8	9,3	9,4	9,6
62	12,346	5,021	11,840	9,590	13,963	8,570	9,9	9,3	9,4	9,6
63	12,347	5,021	11,833	9,599	12,151	6,810	10,0	9,4	9,4	9,7
64	13,062	5,723	12,522	10,347	12,152	6,793	10,0	9,4	9,4	9,7
65	12,903	5,539	12,443	10,240	12,129	6,818	10,2	9,6	9,6	10,0
66	13,541	6,187	13,130	10,940	12,122	6,800	10,2	9,6	9,6	10,0
67	13,565	6,194	13,104	10,953	14,962	9,730	10,2	9,6	9,6	10,0
68	11,451	4,024	11,010	8,836	14,962	9,700	10,2	9,6	9,7	10,1
69	11,408	4,042	11,004	8,840	12,042	6,818	10,2	9,6	9,8	10,2
70	12,727	5,338	12,322	10,176	12,057	6,824	10,3	9,7	9,8	10,2
71	12,740	5,250	12,341	10,212	14,463	9,302	10,3	9,7	9,8	10,3
72	13,240	5,750	12,868	10,740	14,499	9,310	10,3	9,7	9,8	10,3
73	13,232	5,758	12,867	10,747	11,570	6,396	10,3	9,7	9,8	10,2
74	12,700	5,205	12,339	10,211	11,511	6,343	10,3	9,7	9,8	10,4
75	12,694	5,187	12,323	10,215	12,952	7,753	10,4	9,7	9,9	10,4
76	13,500	6,010	13,192	11,063	13,157	8,008	10,4	9,8	9,9	10,4
77	13,522	6,020	13,186	11,067	13,631	8,488	10,4	9,8	9,9	10,4
78	13,960	6,485	13,632	11,590	13,660	8,501	10,4	9,8	9,9	10,4
79	14,030	6,500	13,723	11,623	14,319	9,188	10,4	9,9	9,9	10,4
80	14,181	6,660	13,858	11,764	14,326	9,152	10,4	9,9	9,9	10,4
81	15,692	8,312	14,924	12,668	12,790	7,141	9,4	9,1	9,2	9,4
82	13,494	6,037	12,821	10,525	12,788	7,131	9,5	9,2	9,2	9,4
83	13,390	6,003	12,737	10,492	10,913	5,320	9,6	9,5	9,2	9,5
84	15,537	8,122	14,866	12,661	10,892	5,312	9,7	9,3	9,2	9,6
85	15,552	8,120	14,900	12,672	12,370	6,869	9,9	9,3	9,3	9,6
86	14,570	7,098	13,961	11,723	12,398	6,861	9,9	9,4	9,3	9,6
87	14,493	7,058	13,900	11,708	13,032	7,445	9,9	9,4	9,4	9,7
88	13,570	6,116	12,964	10,797	13,020	7,465	9,8	9,4	9,4	9,8
89	13,590	6,140	12,994	10,805	14,958	9,530	9,8	9,4	9,5	9,8
90	14,840	7,290	14,281	12,004	15,056	9,600	9,9	9,5	9,6	9,8
91	14,650	7,230	14,099	11,980	12,342	6,862	10,0	9,5	9,6	10,0
92	14,040	6,460	13,500	11,230	12,110	6,632	10,0	9,5	9,6	10,0
93	13,8·5	6,425	13,340	11,190	13,346	7,953	10,2	9,6	9,6	10,0
94	14,070	6,730	13,560	11,519	13,532	8,158	10,2	9,7	9,6	10,0
95	14,250	6,760	13,710	11,562	12,180	6,730	10,2	9,7	9,8	10,1
96	15,817	8,400	15,279	13,179	12,174	6,752	10,2	9,7	9,8	10,1
97	15,883	8,402	15,345	13,202	12,464	7,110	10,2	9,7	9,8	10,1
98	15,829	8,376	15,331	13,184	12,470	7,120	10,2	9,7	9,8	10,1
99	15,838	8,380	15,339	13,195	13,522	8,122	10,2	9,7	9,8	10,2
100	13,836	6,292	13,351	11,168	13,536	8,142	10,2	9,7	9,7	10,2

Comparaciones.	REGLA TIPO.				REGLA DEL NUEVO APARATO.					
	p'	l'	p''	l''	f'	f''	1	2	3	4
	v	v	v	v	v	v	G	G	G	G
N.° 101	13,402	6,050	12,630	10,329	13,110	7,385	9,4	9,2	9,2	9,2
102	12,642	5,250	11,940	9,664	13,573	7,908	9,5	9,2	9,3	9,4
103	12,640	5,245	11,940	9,661	11,000	5,352	9,6	9,3	9,4	9,4
104	15,090	7,730	14,430	12,225	10,980	5,364	9,6	9,3	9,4	9,5
105	15,150	7,730	14,482	12,240	11,595	6,006	9,8	9,4	9,4	9,6
106	14,075	6,650	13,499	11,259	11,608	6,008	9,8	9,4	9,4	9,6
107	14,040	6,640	13,470	11,240	11,520	5,980	9,8	9,4	9,5	9,7
108	12,203	4,762	11,627	9,412	11,528	5,985	9,8	9,4	9,5	9,8
109	12,210	4,760	11,630	9,412	11,510	5,973	9,9	9,5	9,6	9,8
110	12,420	4,955	11,831	9,641	11,520	5,986	9,9	9,5	9,6	9,8
111	12,460	5,004	11,803	9,606	15,135	9,633	9,8	9,5	9,5	9,8
112	12,275	4,830	11,701	9,999	15,508	9,980	9,8	9,5	9,6	9,8
113	12,272	4,836	11,700	9,492	13,070	7,560	9,9	9,6	9,6	9,8
114	12,780	5,326	12,180	10,000	12,750	7,280	9,9	9,6	9,6	9,8
115	12,782	5,330	12,191	10,011	12,460	6,973	9,9	9,6	9,6	9,8
116	14,030	6,580	13,472	11,294	12,436	6,970	10,0	9,6	9,6	9,8
117	14,030	6,570	13,475	11,289	13,02	7,560	10,1	9,6	9,7	9,9
118	13,517	6,008	12,974	10,770	13,474	8,018	10,1	9,7	9,7	9,9
119	13,480	6,008	12,940	10,752	13,892	8,448	10,2	9,7	9,7	9,9
120	12,850	5,348	12,346	10,155	13,907	8,458	10,2	9,7	9,7	10,0

Los valores de D y r M (ecuaciones (13) y (15)) así como los de t_R — T, necesarios para formar los de n y e (ecuaciones (23) y (24)) aparecen en el siguiente *Estado*, debiendo recordar que los valores de T han sufrido la corrección — 0^G,2 (capítulo II).

Comparaciones.	D	r M	$t_R - T$	Comparaciones.	D	r M	$t_R - T$	Comparaciones.	D	r M	$t_R - T$
N.º	v	v	G	N.º	v	v	G	N.º	v	v	G
1	+4,769	+4,867	+11,58	41	+4,684	+4,828	+11,86	81	+4,812	+4,572	+12,86
2	+4,752	+4,878	+11,56	42	+4,701	+4,817	+11,83	82	+4,913	+4,605	+12,81
3	+4,795	+4,870	+11,56	43	+4,741	+4,812	+11,83	83	+4,870	+4,588	+12,73
4	+4,761	+4,910	+11,56	44	+4,757	+4,823	+11,83	84	+4,839	+4,649	+12,68
5	+4,677	+4,920	+11,41	45	+4,688	+4,837	+11,86	85	+4,780	+4,644	+12,61
6	+4,743	+4,920	+11,36	46	+4,675	+4,868	+11,81	86	+4,858	+4,671	+12,58
7	+4,703	+4,931	+11,38	47	+4,683	+4,865	+11,73	87	+4,923	+4,679	+12,53
8	+4,706	+4,921	+11,38	48	+4,718	+4,869	+11,73	88	+4,879	+4,718	+12,53
9	+4,647	+4,934	+11,31	49	+4,731	+4,860	+11,71	89	+4,763	+4,695	+12,51
10	+4,664	+4,946	+11,33	50	+4,735	+4,868	+11,71	90	+4,827	+4,705	+12,43
11	+4,692	+4,944	+11,48	51	+4,747	+4,758	+12,03	91	+4,859	+4,730	+12,36
12	+4,772	+4,910	+11,48	52	+4,724	+4,774	+12,03	92	+4,868	+4,738	+12,36
13	+4,729	+4,891	+11,43	53	+4,729	+4,764	+12,03	93	+4,779	+4,738	+12,28
14	+4,753	+4,927	+11,43	54	+4,752	+4,787	+12,03	94	+4,795	+4,729	+12,26
15	+4,756	+4,934	+11,36	55	+4,754	+4,766	+12,01	95	+4,840	+4,767	+12,18
16	+4,773	+4,964	+11,31	56	+4,720	+4,805	+11,96	96	+4,815	+4,745	+12,18
17	+4,684	+4,971	+11,31	57	+4,759	+4,803	+11,93	97	+4,748	+4,763	+12,18
18	+4,763	+4,968	+11,31	58	+4,726	+4,811	+11,93	98	+4,783	+4,735	+12,18
19	+4,670	+4,969	+11,28	59	+4,708	+4,813	+11,91	99	+4,831	+4,742	+12,16
20	+4,715	+4,957	+11,28	60	+4,697	+4,836	+11,98	100	+4,839	+4,784	+12,18
21	+4,740	+4,633	+12,61	61	+4,758	+4,483	+12,61	101	+4,883	+4,507	+12,88
22	+4,801	+4,626	+12,53	62	+4,818	+4,529	+12,58	102	+4,893	+4,565	+12,78
23	+4,780	+4,615	+12,33	63	+4,758	+4,544	+12,51	103	+4,878	+4,565	+12,71
24	+4,874	+4,656	+12,31	64	+4,751	+4,608	+12,51	104	+4,886	+4,600	+12,68
25	+4,810	+4,665	+12,26	65	+4,782	+4,605	+12,28	105	+4,851	+4,621	+12,58
26	+4,809	+4,722	+12,26	66	+4,841	+4,608	+12,28	106	+4,953	+4,627	+12,58
27	+4,756	+4,696	+12,08	67	+4,703	+4,658	+12,28	107	+4,899	+4,613	+12,53
28	+4,775	+4,758	+12,06	68	+4,753	+4,687	+12,23	108	+4,896	+4,663	+12,51
29	+4,706	+4,754	+12,06	69	+4,752	+4,642	+12,18	109	+4,887	+4,669	+12,43
30	+4,736	+4,795	+12,08	70	+4,759	+4,679	+12,13	110	+4,875	+4,707	+12,43
31	+4,649	+4,753	+12,18	71	+4,694	+4,784	+12,11	111	+4,776	+4,693	+12,48
32	+4,822	+4,718	+12,11	72	+4,749	+4,785	+12,11	112	+4,884	+4,679	+12,46
33	+4,719	+4,741	+12,01	73	+4,741	+4,778	+12,13	113	+4,868	+4,665	+12,41
34	+4,736	+4,745	+12,01	74	+4,739	+4,789	+12,08	114	+4,801	+4,706	+12,41
35	+4,693	+4,780	+11,93	75	+4,759	+4,818	+12,03	115	+4,826	+4,704	+12,41
36	+4,765	+4,796	+11,96	76	+4,772	+4,784	+12,01	116	+4,838	+4,704	+12,38
37	+4,778	+4,810	+11,93	77	+4,739	+4,803	+12,01	117	+4,835	+4,706	+12,31
38	+4,739	+4,776	+11,93	78	+4,762	+4,848	+12,01	118	+4,843	+4,734	+12,28
39	+4,669	+4,799	+11,91	79	+4,755	+4,845	+11,98	119	+4,834	+4,715	+12,26
40	+4,718	+4,810	+11,91	80	+4,782	+4,843	+11,98	120	+4,875	+4,739	+12,23
	189,599	193,180	470,56		189,596	190,484	481,68		193,902	187,179	498,33

Examinando los diferentes valores del *Estado* que antecede se observa que la fraccion $\frac{D}{N'}$ (ecuacion (23)) no afecta en ningun caso la tercera decimal; por lo cual, limitando el cálculo á las tres primeras, puede despreciarse reduciéndose los valores de n á los de $(D - r\,M)$. Con más razon se puede prescindir de $\frac{n}{N'}$ en la ecuacion (24) y adoptar desde luégo para e los valores de $(t_R - T)$.

Con los resultados así calculados para n y e pueden ya formarse las ecuaciones (26), que en este caso son las 120 siguientes:

$$
\begin{aligned}
x + 11{,}58\,y - 0{,}098 &= \Delta_1\\
x + 11{,}56\,y - 0{,}126 &= \Delta_2\\
x + 11{,}56\,y - 0{,}075 &= \Delta_3\\
x + 11{,}56\,y - 0{,}149 &= \Delta_4\\
x + 11{,}41\,y - 0{,}243 &= \Delta_5\\
x + 11{,}36\,y - 0{,}177 &= \Delta_6\\
x + 11{,}38\,y - 0{,}228 &= \Delta_7\\
x + 11{,}38\,y - 0{,}215 &= \Delta_8\\
x + 11{,}31\,y - 0{,}287 &= \Delta_9\\
x + 11{,}33\,y - 0{,}282 &= \Delta_{10}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 11{,}48\,y - 0{,}252 &= \Delta_{11}\\
x + 11{,}48\,y - 0{,}138 &= \Delta_{12}\\
x + 11{,}43\,y - 0{,}162 &= \Delta_{13}\\
x + 11{,}43\,y - 0{,}174 &= \Delta_{14}\\
x + 11{,}36\,y - 0{,}178 &= \Delta_{15}\\
x + 11{,}31\,y - 0{,}191 &= \Delta_{16}\\
x + 11{,}31\,y - 0{,}287 &= \Delta_{17}\\
x + 11{,}31\,y - 0{,}205 &= \Delta_{18}\\
x + 11{,}28\,y - 0{,}299 &= \Delta_{19}\\
x + 11{,}28\,y - 0{,}242 &= \Delta_{20}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}61\,y + 0{,}107 &= \Delta_{21}\\
x + 12{,}53\,y + 0{,}175 &= \Delta_{22}\\
x + 12{,}33\,y + 0{,}165 &= \Delta_{23}\\
x + 12{,}31\,y + 0{,}218 &= \Delta_{24}\\
x + 12{,}26\,y + 0{,}145 &= \Delta_{25}\\
x + 12{,}26\,y + 0{,}087 &= \Delta_{26}\\
x + 12{,}08\,y + 0{,}060 &= \Delta_{27}\\
x + 12{,}06\,y + 0{,}017 &= \Delta_{28}\\
x + 12{,}06\,y - 0{,}048 &= \Delta_{29}\\
x + 12{,}08\,y - 0{,}059 &= \Delta_{30}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}18\,y - 0{,}104 &= \Delta_{31}\\
x + 12{,}11\,y + 0{,}104 &= \Delta_{32}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}022 &= \Delta_{33}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}009 &= \Delta_{34}\\
x + 11{,}93\,y - 0{,}087 &= \Delta_{35}\\
x + 11{,}96\,y - 0{,}031 &= \Delta_{36}\\
x + 11{,}93\,y - 0{,}032 &= \Delta_{37}\\
x + 11{,}93\,y - 0{,}037 &= \Delta_{38}\\
x + 11{,}91\,y - 0{,}130 &= \Delta_{39}\\
x + 11{,}91\,y - 0{,}092 &= \Delta_{40}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 11{,}86\,y - 0{,}144 &= \Delta_{41}\\
x + 11{,}83\,y - 0{,}116 &= \Delta_{42}\\
x + 11{,}83\,y - 0{,}071 &= \Delta_{43}\\
x + 11{,}83\,y - 0{,}066 &= \Delta_{44}\\
x + 11{,}86\,y - 0{,}149 &= \Delta_{45}\\
x + 11{,}81\,y - 0{,}193 &= \Delta_{46}\\
x + 11{,}73\,y - 0{,}182 &= \Delta_{47}\\
x + 11{,}73\,y - 0{,}151 &= \Delta_{48}\\
x + 11{,}71\,y - 0{,}129 &= \Delta_{49}\\
x + 11{,}71\,y - 0{,}133 &= \Delta_{50}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}03\,y - 0{,}011 &= \Delta_{51}\\
x + 12{,}03\,y - 0{,}050 &= \Delta_{52}\\
x + 12{,}03\,y - 0{,}035 &= \Delta_{53}\\
x + 12{,}03\,y - 0{,}035 &= \Delta_{54}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}012 &= \Delta_{55}\\
x + 11{,}96\,y - 0{,}085 &= \Delta_{56}\\
x + 11{,}93\,y - 0{,}044 &= \Delta_{57}\\
x + 11{,}93\,y - 0{,}085 &= \Delta_{58}\\
x + 11{,}91\,y - 0{,}105 &= \Delta_{59}\\
x + 11{,}88\,y - 0{,}139 &= \Delta_{60}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}61\,y + 0{,}275 &= \Delta_{61}\\
x + 12{,}58\,y + 0{,}289 &= \Delta_{62}\\
x + 12{,}51\,y + 0{,}214 &= \Delta_{63}\\
x + 12{,}51\,y + 0{,}143 &= \Delta_{64}\\
x + 12{,}28\,y + 0{,}177 &= \Delta_{65}\\
x + 12{,}28\,y + 0{,}233 &= \Delta_{66}\\
x + 12{,}28\,y + 0{,}045 &= \Delta_{67}\\
x + 12{,}23\,y + 0{,}066 &= \Delta_{68}\\
x + 12{,}18\,y + 0{,}110 &= \Delta_{69}\\
x + 12{,}15\,y + 0{,}080 &= \Delta_{70}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}11\,y - 0{,}090 &= \Delta_{71}\\
x + 12{,}11\,y - 0{,}036 &= \Delta_{72}\\
x + 12{,}15\,y - 0{,}037 &= \Delta_{73}\\
x + 12{,}08\,y - 0{,}050 &= \Delta_{74}\\
x + 12{,}03\,y - 0{,}059 &= \Delta_{75}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}012 &= \Delta_{76}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}064 &= \Delta_{77}\\
x + 12{,}01\,y - 0{,}086 &= \Delta_{78}\\
x + 11{,}98\,y - 0{,}090 &= \Delta_{79}\\
x + 11{,}98\,y - 0{,}061 &= \Delta_{80}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}86\,y + 0{,}240 &= \Delta_{81}\\
x + 12{,}81\,y + 0{,}308 &= \Delta_{82}\\
x + 12{,}73\,y + 0{,}282 &= \Delta_{83}\\
x + 12{,}68\,y + 0{,}190 &= \Delta_{84}\\
x + 12{,}61\,y + 0{,}136 &= \Delta_{85}\\
x + 12{,}58\,y + 0{,}187 &= \Delta_{86}\\
x + 12{,}53\,y + 0{,}244 &= \Delta_{87}\\
x + 12{,}53\,y + 0{,}161 &= \Delta_{88}\\
x + 12{,}51\,y + 0{,}068 &= \Delta_{89}\\
x + 12{,}43\,y + 0{,}122 &= \Delta_{90}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}36\,y + 0{,}129 &= \Delta_{91}\\
x + 12{,}36\,y + 0{,}130 &= \Delta_{92}\\
x + 12{,}28\,y + 0{,}041 &= \Delta_{93}\\
x + 12{,}26\,y + 0{,}066 &= \Delta_{94}\\
x + 12{,}18\,y + 0{,}073 &= \Delta_{95}\\
x + 12{,}18\,y + 0{,}070 &= \Delta_{96}\\
x + 12{,}18\,y - 0{,}015 &= \Delta_{97}\\
x + 12{,}18\,y + 0{,}048 &= \Delta_{98}\\
x + 12{,}16\,y + 0{,}089 &= \Delta_{99}\\
x + 12{,}18\,y + 0{,}055 &= \Delta_{100}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}88\,y + 0{,}376 &= \Delta_{101}\\
x + 12{,}78\,y + 0{,}328 &= \Delta_{102}\\
x + 12{,}71\,y + 0{,}313 &= \Delta_{103}\\
x + 12{,}68\,y + 0{,}286 &= \Delta_{104}\\
x + 12{,}58\,y + 0{,}230 &= \Delta_{105}\\
x + 12{,}58\,y + 0{,}326 &= \Delta_{106}\\
x + 12{,}53\,y + 0{,}286 &= \Delta_{107}\\
x + 12{,}51\,y + 0{,}233 &= \Delta_{108}\\
x + 12{,}43\,y + 0{,}218 &= \Delta_{109}\\
x + 12{,}43\,y + 0{,}168 &= \Delta_{110}
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
x + 12{,}48\,y + 0{,}083 &= \Delta_{111}\\
x + 12{,}46\,y + 0{,}205 &= \Delta_{112}\\
x + 12{,}41\,y + 0{,}203 &= \Delta_{113}\\
x + 12{,}41\,y + 0{,}095 &= \Delta_{114}\\
x + 12{,}41\,y + 0{,}122 &= \Delta_{115}\\
x + 12{,}38\,y + 0{,}134 &= \Delta_{116}\\
x + 12{,}31\,y + 0{,}129 &= \Delta_{117}\\
x + 12{,}28\,y + 0{,}109 &= \Delta_{118}\\
x + 12{,}26\,y + 0{,}119 &= \Delta_{119}\\
x + 12{,}23\,y + 0{,}136 &= \Delta_{120}
\end{aligned}
$$

De las anteriores ecuaciones, teniendo presentes las (27) y valiéndose de las (30) y (31), se deduce:

$$(32)\quad x = +\,4{,}5075$$

$$(33)\quad y = -\,0{,}3751$$

y, recordando los valores de R′ y de N′, la (22) dá por último:

$$(34)\quad F_{t_R} = 4^{m},000587,$$

que es la longitud buscada de la regla del nuevo aparato, á la temperatura $t_R = 21^{G},935$ centígrados.

Si se desea conocer el *error probable* de F_{I_R}, hay que calcular ántes el *error medio* de una determinacion; lo cual exige que se sustituya en las 120 ecuaciones numéricas, últimamente formadas, los valores (32) y (33) de x, y, que no las satisfarán exactamente, deduciéndose en cada una de ellas el error parcial ó diferencia. Verificando esta sustitucion resultan los errores siguientes:

$\Delta_1 = +0{,}066$	$\Delta_{31} = -0{,}165$	$\Delta_{61} = +0{,}052$
$\Delta_2 = +0{,}045$	$\Delta_{32} = +0{,}069$	$\Delta_{62} = +0{,}078$
$\Delta_3 = +0{,}096$	$\Delta_{33} = -0{,}020$	$\Delta_{63} = +0{,}029$
$\Delta_4 = +0{,}022$	$\Delta_{34} = -0{,}007$	$\Delta_{64} = -0{,}042$
$\Delta_5 = -0{,}015$	$\Delta_{35} = -0{,}054$	$\Delta_{65} = +0{,}078$
$\Delta_6 = +0{,}069$	$\Delta_{36} = -0{,}010$	$\Delta_{66} = +0{,}134$
$\Delta_7 = +0{,}011$	$\Delta_{37} = +0{,}001$	$\Delta_{67} = -0{,}054$
$\Delta_8 = +0{,}024$	$\Delta_{38} = -0{,}004$	$\Delta_{68} = -0{,}014$
$\Delta_9 = -0{,}022$	$\Delta_{39} = -0{,}090$	$\Delta_{69} = +0{,}049$
$\Delta_{10} = -0{,}024$	$\Delta_{40} = -0{,}052$	$\Delta_{70} = +0{,}038$
$\Delta_{11} = -0{,}051$	$\Delta_{41} = -0{,}085$	$\Delta_{71} = -0{,}125$
$\Delta_{12} = +0{,}063$	$\Delta_{42} = -0{,}046$	$\Delta_{72} = -0{,}071$
$\Delta_{13} = +0{,}058$	$\Delta_{43} = -0{,}001$	$\Delta_{73} = -0{,}079$
$\Delta_{14} = +0{,}046$	$\Delta_{44} = +0{,}004$	$\Delta_{74} = -0{,}074$
$\Delta_{15} = +0{,}068$	$\Delta_{45} = -0{,}090$	$\Delta_{75} = -0{,}064$
$\Delta_{16} = +0{,}074$	$\Delta_{46} = -0{,}115$	$\Delta_{76} = -0{,}010$
$\Delta_{17} = -0{,}022$	$\Delta_{47} = -0{,}074$	$\Delta_{77} = -0{,}062$
$\Delta_{18} = +0{,}060$	$\Delta_{48} = -0{,}043$	$\Delta_{78} = -0{,}084$
$\Delta_{19} = -0{,}023$	$\Delta_{49} = -0{,}014$	$\Delta_{79} = -0{,}076$
$\Delta_{20} = +0{,}034$	$\Delta_{50} = -0{,}018$	$\Delta_{80} = -0{,}047$
$\Delta_{21} = -0{,}116$	$\Delta_{51} = -0{,}016$	$\Delta_{81} = -0{,}076$
$\Delta_{22} = -0{,}018$	$\Delta_{52} = -0{,}055$	$\Delta_{82} = +0{,}010$
$\Delta_{23} = +0{,}048$	$\Delta_{53} = -0{,}040$	$\Delta_{83} = +0{,}014$
$\Delta_{24} = +0{,}108$	$\Delta_{54} = -0{,}040$	$\Delta_{84} = -0{,}059$
$\Delta_{25} = +0{,}054$	$\Delta_{55} = -0{,}010$	$\Delta_{85} = -0{,}087$
$\Delta_{26} = -0{,}004$	$\Delta_{56} = -0{,}064$	$\Delta_{86} = -0{,}024$
$\Delta_{27} = +0{,}036$	$\Delta_{57} = -0{,}011$	$\Delta_{87} = +0{,}051$
$\Delta_{28} = +0{,}001$	$\Delta_{58} = -0{,}052$	$\Delta_{88} = -0{,}032$
$\Delta_{29} = -0{,}064$	$\Delta_{59} = -0{,}065$	$\Delta_{89} = -0{,}117$
$\Delta_{30} = -0{,}085$	$\Delta_{60} = -0{,}088$	$\Delta_{90} = -0{,}033$

$\Delta_{91} = 0{,}000$	$\Delta_{101} = +0{,}052$	$\Delta_{111} = -0{,}091$
$\Delta_{92} = +0{,}001$	$\Delta_{102} = +0{,}042$	$\Delta_{112} = +0{,}039$
$\Delta_{93} = -0{,}058$	$\Delta_{103} = +0{,}053$	$\Delta_{113} = +0{,}056$
$\Delta_{94} = -0{,}025$	$\Delta_{104} = +0{,}037$	$\Delta_{114} = -0{,}052$
$\Delta_{95} = +0{,}012$	$\Delta_{105} = +0{,}019$	$\Delta_{115} = -0{,}025$
$\Delta_{96} = +0{,}009$	$\Delta_{106} = +0{,}115$	$\Delta_{116} = -0{,}002$
$\Delta_{97} = -0{,}076$	$\Delta_{107} = +0{,}093$	$\Delta_{117} = +0{,}019$
$\Delta_{98} = -0{,}013$	$\Delta_{108} = +0{,}048$	$\Delta_{118} = +0{,}010$
$\Delta_{99} = +0{,}035$	$\Delta_{109} = +0{,}063$	$\Delta_{119} = +0{,}028$
$\Delta_{100} = -0{,}006$	$\Delta_{110} = +0{,}013$	$\Delta_{120} = +0{,}056$

Teniendo en cuenta que en este caso son dos las incógnitas que hay en cada ecuacion y modificando en su consecuencia la fórmula (8), podrá admitirse para el *error medio* de uná determinacion:

$$e = \pm 0^{mm},0059$$

y como el *error probable* de R′ es (*):

$$\Delta_{R'} = \pm 0^{mm},001$$

considerando como verdaderas diferenciales estos *errores probables*, resultará (ecuacion (22)) para el *error probable* de F_{t_R}:

$$(35)\quad \Delta_{F_{t_R}} = \sqrt{\left(\left(1+\frac{x}{N'}\right)\Delta_{R'}\right)^2 + \left(\frac{R'}{N'}\Delta_x\right)^2} = \pm 0^{mm},002.$$

(*) *Experiencias* etc.

CAPITULO V.

EXPERIENCIAS DE MEDICION Y ERROR PROBABLE DEL RESULTADO.

Tres son las experiencias de medicion hechas con el nuevo aparato, cuyos resultados voy á presentar. Pero no me limitaré á esto sino que, como ofrecí en la introduccion, hallará el lector para cada posicion de la regla los datos que se necesitan en el cálculo de la longitud que entónces tuvo y de la distancia horizontal que midió, á fin de venir en conocimiento de la longitud medida en cada

dia y, por lo tanto, de la total de cada una de las tres bases de prueba. Iguales elementos se presentan en las remediciones de las mismas líneas, pudiendo obtener dos valores para cada uno de los trozos en que se dividieron, por cuyo medio se vendrá en conocimiento (fórmula (5)) del *error probable* debido á los *errores accidentales* cometidos con el aparato en las diferentes operaciones. Combinando este *error probable* con los producidos por las demás causas, se tendrá el correspondiente á cada una de las bases, siendo breve en extremo la comparacion entre este aparato y los que hasta el dia se han usado, relativamente á la exactitud, puesto que al mencionar en el capítulo primero los diversos procedimientos, he consignado los *errores probables* de las mediciones con ellos ejecutadas.

La primera experiencia, que designaré con la letra A, se hizo en circunstancias muy desfavorables: se operaba á fines de Diciembre, el terreno no estaba convenientemente preparado y no se suspendió el trabajo en dias desapacibles ni áun en aquellos en que caia copiosa lluvia. Era de 2116 metros la extension de la línea, la medicion se efectuó en ocho dias distintos y en otros tantos la remedicion.

En los *Estados* que siguen, I representa (capítulo II) la inclinacion de la regla en cada una de sus posiciones; *c* la correccion sustractiva que se le debe hacer para reducirla al horizonte (tabla del *Apéndice núm.* 1); *t* la temperatura media de la misma regla ó el promedio de las lecturas de los cuatro termómetros en la respectiva posicion corregi-

do de $-0^{G},2$ (capítulo II); [c] la suma de todas las correcciones del dia; [t] la de las temperaturas medias y F_{t_R} la longitud constante de la regla á la temperatura de $21^{G},935$ centígrados (capítulo IV).

Base A. **DIA 1.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
1	—0	59	30	0,5991	14,97	36	—0	1	00	0,0002	20,00
2	—1	44	20	1,8420	16,35	37	—0	19	20	0,0633	21,05
3	—1	47	10	1,9434	17,10	38	—0	21	00	0,0746	21,32
4	—1	22	00	1,1879	18,12	39	—0	18	40	0,0590	21,02
5	—1	26	10	1,2564	18,42	40	—0	19	00	0,0611	20,70
6	—1	36	40	1,5813	18,47	41	—0	1	50	0,0006	20,87
7	—1	25	20	1,2322	18,82	42	+0	4	10	0,0029	21,12
8	—2	8	50	2,8086	19,95	43	—0	3	30	0,0021	20,67
9	—1	34	30	1,5112	21,15	44	—0	10	40	0,0193	20,82
10	—0	49	20	0,4119	21,62	45	+0	4	50	0,0040	20,30
11	—1	32	30	1,4479	23,42	46	—0	3	30	0,0021	20,10
12	—0	58	40	0,5824	24,57	47	—0	11	20	0,0217	20,27
13	—1	27	30	1,2956	25,42	48	—0	4	00	0,0027	19,97
14	—1	14	50	0,9477	25,80	49	+0	0	20	0,0000	19,72
15	—1	8	40	0,7979	24,67	50	—0	1	30	0,0004	19,65
16	—1	31	30	1,4168	23,92	51	+0	11	40	0,0230	19,55
17	—0	21	30	0,0782	23,20	52	—0	14	00	0,0332	19,47
18	—0	33	10	0,1862	22,95	53	—0	9	00	0,0137	19,37
19	—1	15	20	0,9604	23,77	54	+0	0	40	0,0001	19,45
20	—1	47	40	1,9616	24,22	55	—0	7	50	0,0104	20,72
21	—0	55	00	0,5119	24,12	56	+0	10	00	0,0163	21,20
22	—0	54	00	0,4935	23,25	57	+0	8	40	0,0127	21,77
23	—1	7	40	0,7749	23,35	58	—0	9	50	0,0164	21,90
24	—0	53	50	0,4904	24,70	59	+0	23	20	0,0921	21,50
25	—0	6	30	0,0072	22,02	60	—0	12	10	0,0251	20,77
26	—2	20	50	3,3561	21,65	61	+0	4	10	0,0029	20,02
27	—0	32	50	0,1824	21,92	62	+0	2	30	0,0011	19,70
28	—1	14	00	0,9267	19,92	63	—0	1	30	0,0004	19,52
29	—1	26	30	1,2662	19,10	64	+0	8	50	0,0132	19,55
30	—0	42	20	0,3033	18,60	65	+0	10	30	0,0187	19,87
31	—0	19	00	0,0611	13,97	66	+0	23	30	0,0935	19,92
32	—0	12	10	0,0251	15,65	67	+0	25	00	0,1058	20,30
33	0	0	00	0,0000	17,40	68	+1	22	40	1,1564	20,72
34	—0	19	20	0,0633	18,52	69	+1	40	00	1,6922	20,55
35	—0	9	20	0,0147	19,47						
35 F_{t_R}				32,4755	728,55	34 F_{t_R}				3,6418	693,43

$$[c] = 36^{mm},4173$$

$$[t] = 1421^{G},98$$

Base A. **DIA 2.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
70	+0	39	00	0,2574	15,37	108	+0	16	50	0,0480	15,57
71	−0	37	30	0,2380	16,45	109	+0	21	30	0,0782	15,90
72	−1	15	30	0,9646	17,25	110	+1	35	10	1,5326	16,17
73	−1	43	50	1,8244	17,40	111	−0	26	40	0,1203	16,07
74	−0	34	20	0,1995	17,52	112	+1	18	00	1,0296	16,10
75	−0	11	20	0,0217	17,50	113	+0	32	30	0,1787	16,15
76	−0	15	50	0,0424	17,42	114	+0	2	50	0,0014	16,25
77	−0	6	20	0,0068	17,47	115	−0	49	30	0,4147	16,17
78	+0	11	20	0,0217	17,32	116	+0	13	50	0,0324	16,15
79	−0	22	10	0,0832	17,55	117	+0	10	50	0,0199	16,17
80	−0	4	10	0,0029	17,60	118	−0	23	00	0,0895	16,17
81	+0	24	50	0,1044	17,87	119	+0	15	20	0,0398	16,10
82	−0	14	20	0,0348	17,92	120	−0	10	00	0,0169	16,07
83	+0	39	50	0,2685	18,10	121	−0	1	20	0,0003	16,05
84	−0	2	50	0,0014	18,05	122	−0	32	10	0,1751	16,07
85	+0	28	00	0,1327	18,00	123	+0	13	10	0,0293	16,25
86	+0	13	00	0,0286	17,92	124	−0	16	20	0,0451	16,25
87	−0	9	20	0,0147	17,82	125	+0	3	50	0,0025	16,25
88	+0	2	10	0,0008	17,65	126	+0	13	10	0,0293	16,27
89	+0	5	30	0,0051	17,67	127	−0	19	00	0,0611	61,37
90	+0	9	10	0,0142	17,77	128	+0	38	50	0,2552	16,32
91	−0	5	20	0,0048	17,72	129	−0	14	00	0,0332	16,32
92	+0	10	20	0,0181	17,72	130	−0	4	00	0,0027	16,25
93	+0	13	30	0,0308	17,57	131	−0	2	10	0,0008	16,27
94	+0	6	10	0,0064	17,35	132	−0	24	50	0,1044	16,37
95	−0	12	20	0,0257	17,40	133	−0	15	50	0,0424	16,37
96	+0	24	30	0,1016	17,32	134	+0	4	10	0,0029	16,00
97	−0	6	40	0,0075	17,47	135	−0	22	10	0,0832	15,85
98	+0	11	10	0,0211	17,22	136	−0	24	00	0,0975	15,77
99	+0	17	50	0,0538	17,17	137	−0	21	20	0,0770	15,77
100	+0	10	00	0,0169	17,15	138	−0	4	50	0,0040	15,72
101	−0	2	00	0,0007	17,17	139	−0	10	10	0,0175	15,70
102	+0	36	40	0,2275	17,02	140	+0	1	30	0,0004	15,67
103	+0	8	10	0,0113	15,95	141	+0	0	40	0,0001	15,57
104	−0	15	10	0,0389	15,62	142	+0	4	30	0,0034	15,65
105	+0	1	40	0,0005	14,00	143	−0	21	50	0,0807	15,77
106	−0	10	40	0,0193	14,82	144	−0	7	50	0,0104	15,77
107	+0	21	10	0,0758	15,32						
$38\,F_{t_R}$				4,9285	651,61	$37\,F_{t_R}$				4,7605	593,69

$$[c] = 9^{\text{mm}},6890$$

$$[t] = 1245^{\text{G}},30$$

Base A. **DIA 3.** **I.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
145	−0	22	00	0,0819	9,57	183	−0	5	20	0,0048	16,60
146	−0	8	00	0,0108	10,55	184	−0	42	50	0,3105	16,60
147	+0	3	40	0,0023	11,77	185	−0	12	30	0,0264	16,37
148	−0	8	40	0,0127	12,70	186	+0	9	30	0,0153	16,20
149	−0	4	20	0,0032	13,47	187	−0	5	10	0,0045	16,07
150	−0	9	50	0,0164	14,25	188	+0	31	10	0,1644	15,95
151	−0	25	20	0,1086	14,97	189	+1	29	30	1,3555	16,12
152	+0	13	20	0,0301	16,05	190	+0	33	50	0,1937	16,32
153	+0	22	30	0,0857	16,57	191	+0	56	30	0,5402	16,62
154	+0	8	10	0,0113	16,80	192	+1	5	20	0,7223	17,25
155	+0	22	30	0,0857	17,20	193	+2	3	40	2,5879	16,60
156	−0	9	00	0,0137	17,50	194	+1	26	00	1,2516	17,10
157	−0	3	50	0,0025	17,92	195	+2	4	40	2,6299	17,32
158	−0	33	50	0,1937	18,25	196	+1	36	10	1,5650	17,47
159	−0	22	20	0,0844	18,47	197	−1	13	40	0,9183	17,37
160	−0	38	50	0,2552	18,67	198	+0	22	00	0,0819	17,00
161	+0	2	30	0,0011	18,80	199	+0	21	10	0,0758	16,52
162	+0	1	50	0,0006	18,70	200	+1	35	20	1,5380	16,50
163	+0	6	40	0,0075	18,67	201	−0	0	40	0,0001	16,75
164	−0	13	10	0,0293	18,85	202	+0	38	20	0,2487	16,85
165	−0	5	40	0,0054	18,77	203	+1	3	00	0,6717	16,75
166	−0	32	20	0,1769	18,62	204	+1	24	10	1,1988	16,82
167	−0	12	00	0,0244	18,65	205	−0	11	10	0,0211	16,60
168	+0	5	00	0,0042	18,50	206	+0	22	10	0,0832	16,37
169	−0	33	10	0,1862	18,32	207	−0	20	40	0,0723	16,20
170	−0	9	00	0,0137	18,05	208	+0	25	30	0,1100	16,07
171	+0	3	10	0,0017	17,90	209	−0	10	00	0,0169	16,02
172	−0	26	10	0,1159	17,72	210	+0	11	40	0,0230	15,90
173	+0	39	50	0,2685	17,72	211	−0	2	40	0,0012	15,67
174	+0	10	40	0,0193	17,62	212	−0	1	20	0,0003	15,42
175	+0	2	30	0,0011	17,57	213	+0	9	40	0,0158	15,22
176	+0	5	40	0,0054	17,57	214	−0	26	10	0,1159	15,02
177	+0	4	00	0,0027	17,45	215	−0	16	30	0,0461	14,90
178	−0	12	00	0,0244	17,22	216	−0	31	40	0,1697	14,57
179	+0	8	40	0,0127	17,17	217	−0	17	50	0,0538	14,32
180	−0	20	10	0,0688	17,05	218	−0	20	00	0,0677	13,87
181	−0	13	30	0,0308	17,02	219	+1	8	50	0,8018	11,65
182	+0	4	50	00,040	16,77	220	+0	37	50	0,2422	11,75
38 F_{t_R}				2,0028	639,42	38 F_{t_R}				17,9463	606,70

$$[c] = 19^{mm},9491$$

$$[t] = 1246^{G},12$$

Base A. **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
221	+0	3	40	0,0023	18,30	251	+0	5	50	0,0058	19,60
222	−0	3	20	0,0019	18,60	252	−0	3	30	0,0021	19,67
223	−0	5	50	0,0058	18,67	253	−0	2	00	0,0007	19,57
224	−0	4	40	0,0037	18,87	254	−0	6	40	0,0075	19,65
225	−0	30	40	0,1592	19,10	255	+0	8	10	0,0113	19,57
226	+0	7	30	0,0095	19,42	256	−0	18	30	0,0579	19,50
227	+0	19	10	0,0622	19,37	257	−0	7	40	0,0099	19,42
228	+0	14	20	0,0348	19,30	258	+0	8	40	0,0127	19,47
229	+0	10	20	0,0181	19,15	259	+0	27	50	0,1311	19,50
230	−0	26	00	0,1144	19,05	260	−0	6	10	0,0064	19,50
231	−0	2	10	0,0008	19,02	261	+0	8	40	0,0127	19,37
232	+0	15	00	0,0381	18,82	262	−0	22	10	0,0832	19,27
233	−0	41	50	0,2962	18,80	263	+0	2	30	0,0011	19,17
234	+0	19	10	0,0622	18,80	264	−0	2	30	0,0011	19,22
235	−0	7	20	0,0091	18,92	265	−0	7	20	0,0091	19,20
236	−0	12	10	0,0251	18,92	266	−0	6	40	0,0075	19,25
237	+0	5	10	0,0045	18,92	267	+0	12	30	0,0857	19,12
238	+0	14	40	0,0364	19,02	268	−0	27	30	0,1280	19,10
239	−0	42	50	0,3105	19,02	269	−0	2	10	0,0008	19,15
240	+0	16	30	0,0461	19,20	270	+0	8	50	0,0132	19,30
241	+0	3	10	0,0017	19,30	271	−0	29	30	0,1473	19,40
242	−0	30	30	0,1574	19,35	272	−0	6	10	0,0064	19,32
243	+0	21	10	0,0758	19,32	273	+0	6	20	0,0068	19,20
244	+0	1	00	0,0002	19,40	274	+0	14	50	0,0372	19,12
245	−0	0	40	0,0001	19,42	275	−0	8	40	0,0127	19,10
246	−0	11	00	0,0205	19,45	276	−0	18	20	0,0569	19,07
247	−0	6	40	0,0075	19,57	277	+0	12	10	0,0251	18,77
248	+0	10	00	0,0169	19,60	278	+0	4	30	0,0034	18,67
249	+0	9	50	0,0164	19,77	279	−0	22	00	0,0819	17,70
250	+0	21	30	0,0782	19,65	280	+0	15	30	0,0407	17,60
$30\,F_{t_R}$				1,6156	574,10	$30\,F_{t_R}$				1,0062	575,55

$$[c] = 2^{mm},6218$$

$$[t] = 1149^{G},65$$

Base A. **DIA 5.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
281	—0	19	40	0,0655	22,87	311	+0	17	40	0,0528	21,37
282	+0	25	20	0,1086	22,15	312	+0	6	40	0,0075	21,57
283	+0	3	30	0,0021	21,67	313	+0	11	00	0,0205	21,60
284	—0	4	10	0,0029	21,45	314	—0	20	10	0,0688	21,50
285	+0	7	20	0,0091	21,35	315	+0	16	30	0,0461	21,47
286	—0	1	30	0,0004	21,35	316	—0	12	10	0,0251	21,45
287	—0	4	50	0,0040	21,22	317	+0	5	30	0,0051	21,42
288	—0	1	30	0,0004	21,27	318	+0	6	00	0,0061	21,30
289	—0	6	00	0,0061	21,35	319	+0	2	20	0,0009	21,37
290	+0	13	40	0,0316	21,40	320	+0	2	10	0,0008	21,37
291	+0	20	30	0,0711	21,25	321	+0	22	50	0,0882	21,32
292	+0	1	10	0,0002	21,22	322	—0	3	20	0,0019	21,20
293	+0	21	10	0,0758	21,30	323	+0	12	00	0,0244	21,20
294	—0	19	40	0,0655	21,17	324	+0	10	00	0,0169	21,07
295	—0	4	10	0,0029	21,02	325	—0	32	50	0,1824	21,05
296	—0	7	50	0,0104	21,12	326	—0	0	30	0,0000	20,72
297	—0	7	50	0,0104	21,22	327	+0	21	10	0,0758	20,70
298	—0	40	20	0,2753	21,27	328	+0	8	40	0,0127	20,55
299	+0	30	20	0,1557	21,37	329	+0	8	30	0,0122	20,32
300	—0	2	30	0,0011	21,37	330	—0	9	30	0,0153	20,20
301	+0	9	30	0,0153	21,30	331	—0	26	40	0,1203	20,10
302	+0	16	30	0,0461	21,32	332	+0	4	20	0,0032	19,95
303	—0	4	50	0,0040	21,32	333	+0	14	30	0,0356	19,87
304	+0	4	20	0,0032	21,15	334	+0	2	00	0,0007	19,82
305	+0	5	00	0,0042	20,95	335	+0	13	10	0,0293	19,67
306	+0	5	40	0,0054	21,22	336	+0	0	10	0,0000	19,47
307	+0	7	40	0,0099	21,05	337	—0	10	50	0,0199	19,32
308	+0	3	10	0,0017	21,22	338	—0	8	00	0,0108	19,17
309	—0	2	20	0,0009	21,20	339	+0	22	00	0,0819	18,80
310	—0	5	00	0,0042	21,22	340	—0	17	00	0,0489	18,65
$30\,\mathrm{F}_{t_R}$				0,9940	640,34	$30\,\mathrm{F}_{t_R}$				1,0141	617,57

$$[c] = 2^{mm},0081$$

$$[t] = 1257^{G},91$$

Base A. **DIA G.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
341	−0	9	40	0,0158	10,95	377	+0	14	10	0,0340	17,37
342	−0	10	40	0,0193	11,52	378	+0	2	00	0,0007	17,20
343	0	0	00	0,0000	12,25	379	−0	7	30	0,0095	17,12
344	−0	4	10	0,0029	12,72	380	−0	10	50	0,0199	17,00
345	+0	1	10	0,0002	13,15	381	−0	11	00	0,0205	17,12
346	+0	4	50	0,0040	13,57	382	−0	9	40	0,0158	17,30
347	−0	15	30	0,0407	13,97	383	+0	9	50	0,0164	17,35
348	+0	0	30	0,0000	14,47	384	+0	10	10	0,0175	17,40
349	−0	25	50	0,1129	14,87	385	+0	1	10	0,0002	17,47
350	+0	14	50	0,0372	15,10	386	+0	11	20	0,0217	17,40
351	0	0	00	0,0000	15,30	387	+0	2	30	0,0011	17,37
352	−0	11	00	0,0205	15,57	388	−0	5	00	0,0042	17,25
353	−0	10	00	0,0169	15,72	389	−0	2	10	0,0008	17,05
354	+0	8	20	0,0118	15,85	390	+0	10	20	0,0181	16,97
355	+0	4	20	0,0032	15,85	391	−0	31	50	0,1715	16,95
356	+0	21	50	0,0807	15,95	392	+0	17	50	0,0538	16,95
357	+0	0	20	0,0000	16,15	393	+0	19	10	0,0622	16,95
358	−0	7	00	0,0083	16,22	394	−0	23	50	0,0961	16,87
359	−0	2	40	0,0012	16,35	395	+0	19	20	0,0633	16,82
360	+0	22	40	0,0869	16,30	396	−0	10	20	0,0181	16,75
361	−0	3	30	0,0021	16,27	397	−0	4	20	0,0032	16,70
362	+0	7	40	0,0099	16,17	398	+0	14	50	0,0372	16,70
363	+0	9	20	0,0147	16,17	399	+0	6	20	0,0068	16,67
364	−0	12	50	0,0279	16,20	400	−0	17	50	0,0538	16,72
365	+0	12	00	0,0244	16,15	401	−0	29	00	0,1423	16,82
366	−0	4	20	0,0032	16,22	402	+0	27	00	0,1234	16,90
367	+0	25	00	0,0895	16,17	403	+0	6	30	0,0072	16,72
368	−0	2	10	0,0008	16,10	404	−0	6	00	0,0061	16,65
369	+0	28	20	0,1359	15,90	405	+0	47	10	0,3765	16,65
370	−0	0	20	0,0000	15,82	406	−0	7	20	0,0091	16,45
371	−0	12	50	0,0279	16,12	407	+0	3	00	0,0015	16,22
372	−0	6	40	0,0075	16,57	408	−0	10	00	0,0169	16,15
373	−0	3	50	0,0025	17,20	409	−0	28	50	0,1407	16,15
374	−0	14	00	00,332	17,25	410	+0	16	10	0,0442	16,10
375	−0	0	20	0,0000	17,22	411	−0	25	30	0,1100	14,87
376	+0	15	00	0,0381	17,32	412	+0	29	30	0,1473	14,77
$36\,F_{t_R}$				0,8801	554,68	$36\,F_{t_R}$				1,8716	603,90

$$[c] = 2^{mm},7517$$

$$[t] = 1158^{G},58$$

Base A. **DIA 7.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
413	−0	25	50	0,1129	13,20	451	+0	1	30	0,0004	17,65
414	+0	22	50	0,0882	13,82	452	+0	20	00	0,0677	17,67
415	−0	7	50	0,0104	14,25	453	+0	15	40	0,0415	17,62
416	−0	29	20	0,1456	14,80	454	−0	1	20	0,0003	17,52
417	+0	24	50	0,1044	15,12	455	−0	18	40	0,0590	17,45
418	+0	7	10	0,0087	15,30	456	+0	24	30	0,1016	17,45
419	−0	6	20	0,0068	15,95	457	+0	4	30	0,0034	17,40
420	−0	14	40	0,0364	16,15	458	+0	33	30	0,1899	17,37
421	−0	27	00	0,1234	16,17	459	−0	5	50	0,0058	17,45
422	−0	8	30	0,0122	16,22	460	+0	14	20	0,0348	17,50
423	−0	1	30	0,0004	15,90	461	+0	11	00	0,0205	17,60
424	−0	32	20	0,1769	15,52	462	+0	20	20	0,0700	17,60
425	+0	4	00	0,0027	15,35	463	+0	17	10	0,0499	17,50
426	−0	18	50	0,0600	15,45	464	+0	8	10	0,0113	17,50
427	+0	22	20	0,0844	15,27	465	+0	34	10	0,1976	17,52
428	+0	14	10	0,0340	15,47	466	+0	12	00	0,0244	17,55
429	+0	13	10	0,0293	15,40	467	+0	35	00	0,2073	17,60
430	−0	8	50	0,0132	15,12	468	−0	0	40	0,0001	17,50
431	−0	38	20	0,2487	15,25	469	+0	21	00	0,0746	17,45
432	−0	6	00	0,0061	15,72	470	+0	25	20	0,1086	17,50
433	+0	21	30	0,0782	16,10	471	+0	1	50	0,0006	17,42
434	−0	0	10	0,0000	16,42	472	−0	4	00	0,0027	17,47
435	+0	2	30	0,0011	16,55	473	−0	4	10	0,0029	17,52
436	−0	4	10	0,0029	16,70	474	+0	17	40	0,0528	17,57
437	+0	30	20	0,1557	16,57	475	+0	11	30	0,0224	17,42
438	−0	3	40	0,0023	16,60	476	+0	36	20	0,2234	17,00
439	−0	7	40	0,0099	16,77	477	+0	17	10	0,0499	16,97
440	+0	9	20	0,0147	16,87	478	+0	3	00	0,0015	17,02
441	−0	8	50	0,0132	16,92	479	−0	7	00	0,0083	17,15
442	+0	2	50	0,0014	17,00	480	−0	4	30	0,0034	17,30
443	+0	25	30	0,1100	17,12	481	+0	16	20	0,0451	17,30
444	+0	1	20	0,0003	17,22	482	+0	10	40	0,0193	17,22
445	+0	5	40	0,0054	17,32	483	+0	42	30	0,3057	17,12
446	−0	6	20	0,0068	17,32	484	+0	1	00	0,0002	17,22
447	+0	25	30	0,1100	17,35	485	+0	29	30	0,1473	17,25
448	+0	18	30	0,0579	17,37	486	+0	1	40	0,0005	17,15
449	+0	10	20	0,0181	17,52	487	−0	4	20	0,0032	15,65
450	−0	2	30	0,0011	17,60	488	+0	37	10	0,2338	15,65
$38 F_{t_R}$				1,8937	610,75	$38 F_{t_R}$				2,3917	657,80

$$[c] = 4^{mm},2854$$

$$[t] = 1268^{G},55$$

Base A. **DIA 8.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
489	+0	35	50	0,2173	12,15	510	+1	12	10	0,8813	12,97
490	+1	8	50	0,8018	12,52	511	+0	34	50	0,2053	12,87
491	+0	39	20	0,2618	12,92	512	+0	36	30	0,2255	12,82
492	+0	56	00	0,5307	13,12	513	+0	52	40	0,4694	12,72
493	+0	36	00	0,2193	13,25	514	+0	34	30	0,2014	12,70
494	+0	41	40	0,2938	13,35	515	+1	13	50	0,9225	12,60
495	+1	22	20	1,1471	13,40	516	+0	49	30	0,4147	12,57
496	+0	34	00	0,1956	13,55	517	+0	59	50	0,6058	12,35
497	+0	50	50	0,4373	13,55	518	+1	11	20	0,8611	12,27
498	+0	56	30	0,5402	13,62	519	+1	20	30	1,0966	12,20
499	+1	20	40	1,1012	13,67	520	+0	51	50	0,4547	12,12
500	+0	42	40	0,3081	13,72	521	+0	54	00	0,4935	12,02
501	+0	54	50	0,5088	13,45	522	+0	55	20	0,5181	11,92
502	+0	55	40	0,5244	13,32	523	+1	14	00	0,9267	11,82
503	+0	32	10	0,1751	13,20	524	+0	59	30	0,5991	11,67
504	+1	16	40	0,9947	13,17	525	+0	53	00	0,4754	10,90
505	+1	8	20	0,7902	13,17	526	+1	17	50	1,0252	10,27
506	+0	34	00	0,1956	13,12	527	+0	39	30	0,2640	9,80
507	+1	18	30	1,0428	13,15	528 *	+0	39	10	0,2272	*9,47
508	+1	11	00	0,8531	13,07	529	+1	49	50	2,0413	9,47
509	+0	40	30	0,2776	13,02	530 **	0	0	00	0,0000	**9,32
21 F_{t_R}				11,4165	277,49	19 F_{t_R}				12,9088	226,06

$$[c] = 24^{mm},3253$$

$$[t] = 503^{G},55$$

---

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $3^{m},5$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

** En esta posicion se tomó $0^{m},8912$.

Siguen ahora los datos relativos á la segunda medicion de la misma línea, con notaciones acentuadas, apareciendo además la cantidad d que es la distancia medida con la reglita adicional la última vez que se coloca la regla en cada dia; cantidad que debe tenerse en cuenta (capítulo II fórmula (4)) para el cálculo correspondiente.

Base A. **DIA 1.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I′	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I′	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
1	—1 0 30	0,6194	9,02	36	—0 15 30	0,0407	13,55
2	—2 1 40	2,5048	9,77	37	—0 9 30	0,0153	13,57
3	—1 27 10	1,2858	10,52	38	—0 4 20	0,0032	13,50
4	—1 25 00	1,2226	10,82	39	—0 20 20	0,0700	13,50
5	—1 27 40	1,3006	10,85	40	—0 11 40	0,0230	13,47
6	—1 35 10	1,5826	10,80	41	—0 12 40	0,0272	13,40
7	—1 37 20	1,6032	11,10	42	+0 6 40	0,0075	13,47
8	—1 57 40	2,3429	11,37	43	+0 4 10	0,0029	13,52
9	—1 53 10	2,1671	11,55	44	—0 21 40	0,0794	13,45
10	—1 37 30	1,6087	11,70	45	+0 6 10	0,0064	13,53
11	—1 41 40	1,7491	11,77	46	—0 4 20	0,0032	13,50
12	—1 3 40	0,6860	12,02	47	—0 7 30	0,0095	13,60
13	—1 15 00	0,9519	12,20	48	—0 0 50	0,0001	13,57
14	—1 13 50	0,9225	12,25	49	—0 12 30	0,0264	13,60
15	—1 10 20	0,8371	12,30	50	—0 12 30	0,0264	13,60
16	—1 44 50	1,8597	12,37	51	+0 20 00	0,0677	13,62
17	—0 27 50	0,1311	12,55	52	—0 6 20	0,0068	13,62
18	+0 5 20	0,0048	12,57	53	—0 17 00	0,0489	13,62
19	—1 46 40	1,9253	12,60	54	—0 7 50	0,0104	13,62
20	—1 46 50	1,9313	12,60	55	+0 5 00	0,0042	13,77
21	—0 53 40	0,4874	12,67	56	—0 7 50	0,0104	13,87
22	—0 57 10	0,5530	12,70	57	+0 6 30	0,0072	13,90
23	—1 4 20	0,7004	12,72	58	—0 7 50	0,0104	13,82
24	—0 38 00	0,2444	12,75	59	+0 23 40	0,0948	13,92
25	—0 20 50	0,0795	12,97	60	—0 4 10	0,0029	13,67
26	—2 20 40	3,3481	13,02	61	—0 15 00	0,0381	13,37
27	—0 44 30	0,3351	13,15	62	+0 2 20	0,0009	13,35
28	—0 58 50	0,5858	13,10	63	+0 10 10	0,0175	13,60
29	—1 41 50	1,7548	13,07	64	+0 7 30	0,0095	13,52
30	—0 47 00	0,3738	13,02	65	—0 13 20	0,0301	13,57
31	+0 0 10	0,0000	13,02	66	+0 44 30	0 3351	12,70
32	—0 18 00	0,0548	13,10	67	+0 15 00	0,0381	12,60
33	+0 0 10	0,0000	13,35	68	+1 19 30	1,0695	12,50
34	—0 16 10	0,0442	13,37	69	+1 49 20	2,0228	12,25
35	—0 19 00	0,0611	13,42				
5 F_{t_n}		35,8029	426,16	34 F_{t_n}		4,1665	457,74

$$[c'] = 39^{mm},9694$$

$$[t'] = 883^{c},90$$

$$d = +\,0^{m},0268$$

Base A. **DIA 2.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I′	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I′	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
70	+0 14 30	0,0356	9,02	108	−0 1 10	0,0002	11,62
71	+0 4 40	0,0037	9,72	109	+0 31 40	0,1697	11,70
72	−1 37 30	1,6087	10,57	110	+1 29 20	1,3505	11,72
73	−1 39 40	1,6809	10,97	111	+0 35 50	0,2173	11,82
74	−0 48 10	0,3926	11,35	112	+0 42 40	0,3081	11,97
75	−0 12 50	0,0279	11,47	113	+0 45 10	0,3452	12,15
76	−0 13 20	0,0301	11,57	114	−0 32 50	0,1824	12,27
77	+0 6 50	0,0079	11,69	115	−0 40 40	0,2799	12,45
78	−0 7 00	0,0083	11,65	116	+0 8 10	0,0113	12,55
79	−0 12 50	0,0279	11,70	117	+0 8 50	0,0132	13,12
80	+0 1 30	0,0004	11,72	118	−0 22 10	0,0832	13,55
81	+0 15 00	0,0381	11,77	119	+0 25 10	0,1072	14,32
82	−0 12 20	0,0257	11,80	120	−0 3 30	0,0021	14,50
83	+0 30 20	0,1557	11,85	121	−0 1 50	0,0006	14,42
84	+0 11 40	0,0230	11,82	122	−0 27 00	0,1234	14,17
85	+0 26 30	0,1188	11,85	123	−0 9 00	0,0137	13,90
86	+0 7 30	0,0095	11,77	124	−0 5 40	0,0054	13,52
87	0 0 00	0,0000	11,62	125	−0 11 00	0,0205	13,32
88	+0 2 00	0,0007	11,35	126	+0 22 50	0,0882	13,15
89	−0 0 40	0,0001	11,27	127	−0 7 50	0,0104	13,12
90	+0 1 00	0,0002	11,20	128	+0 28 10	0,1343	13,32
91	−0 6 20	0,0068	11,12	129	−0 12 00	0,0244	13,37
92	+0 9 50	0,0164	11,07	130	+0 10 20	0,0181	13,60
93	+0 23 30	0,0935	11,07	131	−0 9 10	0,0142	14,02
94	+0 1 00	0,0002	11,07	132	−0 26 40	0,1203	14,15
95	+0 2 00	0,0007	11,00	133	−0 29 30	0,1473	14,07
96	+0 15 40	0,0415	11,00	134	+0 6 10	0,0064	13,92
97	−0 14 40	0,0364	11,02	135	−0 12 30	0,0264	13,87
98	+0 20 50	0,0735	11,02	136	−0 10 40	0,0193	13,85
99	+0 4 10	0,0029	11,12	137	−0 31 20	0,1661	14,05
100	+0 8 00	0,0108	11,15	138	−0 4 00	0,0027	13,72
101	−0 4 10	0,0029	11,20	139	−0 16 10	0,0442	13,70
102	+0 38 40	0,2530	11,22	140	+0 7 20	0,0091	13,60
103	+0 22 40	0,0869	11,32	141	−0 5 00	0,0042	13,37
104	−0 14 10	0,0340	11,42	142	+0 2 10	0,0008	13,30
105	+0 2 30	0,0011	11,42	143	−0 10 40	0,0193	13,10
106	−0 4 00	0,0027	11,55	144	+0 5 20	0,0048	13,00
107	−0 0 10	0,0000	11,60				
38 F_{t_R}		4,8591	428,01	37 F_{t_R}		4,0944	491,35

$$[c'] = 8^{mm},9535$$

$$[t'] = 919^{G},36$$

$$d = +0^{m},0131$$

Base A. **XXA 3.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
145	−0	21	00	0,0746	9,65	183	+0	7	20	0,0091	16,35
146	−0	28	10	0,1343	10,25	184	−0	45	10	0,3452	16,30
147	+0	3	40	0,0023	10,87	185	−0	18	00	0,0548	16,07
148	−0	4	30	0,0034	11,25	186	+0	26	00	0,1144	15,67
149	−0	11	20	0,0217	11,75	187	−0	34	30	0,2014	15,27
150	−0	4	00	0,0027	12,12	188	+0	52	50	0,4724	14,95
151	−0	17	40	0,0528	12,32	189	+1	45	10	1,8716	14,72
152	+0	7	00	0,0083	12,45	190	+0	45	20	0,3478	14,42
153	+0	31	10	0,1644	12,52	191	+0	51	30	0,4488	14,47
154	+0	13	10	0,0293	12,60	192	+0	57	10	0,5530	14,50
155	+0	8	40	0,0127	12,62	193	+2	1	20	2,4911	14,72
156	−0	7	20	0,0091	12,80	194	+1	48	10	1,9799	15,00
157	−0	13	20	0,0301	12,90	195	+2	10	20	2,8744	14,97
158	−0	30	00	0,1523	13,17	196	+1	17	30	1,0164	14,85
159	−0	10	10	0,0175	13,35	197	−1	21	30	1,1240	15,12
160	−0	38	40	0,2530	13,80	198	+0	15	40	0,0415	15,10
161	−0	7	40	0,0099	14,02	199	+0	45	30	0,3503	14,92
162	+0	15	30	0,0407	14,92	200	+1	24	50	1,2178	14,70
163	−0	7	0	0,0083	14,62	201	−0	1	10	0,0002	14,37
164	−0	17	50	0,0538	14,95	202	+0	27	40	0,1295	14,22
165	−0	18	00	0,0548	15,22	203	+1	23	00	1,1658	14,00
166	−0	28	00	0,1327	15,45	204	+1	21	30	1,1240	13,85
167	+0	2	40	0,0012	15,52	205	−0	30	40	0,1592	13,72
168	+0	6	50	0,0079	15,55	206	−0	30	40	0,1592	13,70
169	−0	38	30	0,2508	15,62	207	−0	7	20	0,0091	13,60
170	−0	7	20	0,0091	15,70	208	+0	21	40	0,0794	13,55
171	−0	1	30	0,0004	15,67	209	+0	4	30	0,0034	13,50
172	−0	25	30	0,1100	15,65	210	−0	9	30	0,0153	13,40
173	+0	25	50	0,1129	15,52	211	+0	8	00	0,0108	13,37
174	+0	18	10	0,0559	15,55	212	−0	12	20	0,0257	13,32
175	+0	9	50	0,0164	15,55	213	+0	15	20	0,0398	13,20
176	+0	3	00	0,0015	15,50	214	−0	41	30	0,2915	13,15
177	+0	1	30	0,0004	15,52	215	+0	1	30	0,0004	13,12
178	+0	0	50	0,0001	15,52	216	−0	28	50	0,1407	13,07
179	−0	0	10	0,0000	15,82	217	−0	7	50	0,0104	13,00
180	−0	23	20	0,0921	16,07	218	−0	23	10	0,0908	12,87
181	−0	12	40	0,0272	16,45	219	+0	51	10	0,4430	12,87
182	−0	4	20	0,0032	16,37	220	+0	45	50	0,3555	12,77
38 F_{t_R}				1,9578	534,61	38 F_{t_R}				19,7676	540,75

$$[c'] = 21^{\text{mm}},7254$$

$$[t'] = 1075^{\text{G}},36$$

$$d = +0^{\text{m}},0093$$

Base A. **DIA 4.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'	Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
221	−0	3	30	0,0021	16,15	251	+0	11	20	0,0217	17,67
222	−0	4	50	0,0040	15,90	252	−0	14	30	0,0356	17,70
223	+0	1	00	0,0002	15,80	253	+0	15	30	0,0407	17,65
224	−0	17	20	0,0508	15,75	254	−0	29	50	0,1506	17,50
225	−0	17	30	0,0518	15,72	255	+0	37	30	0,2380	17,50
226	+0	12	20	0,0257	15,75	256	−0	42	20	0,3033	17,57
227	+0	8	00	0,0108	15,75	257	+0	13	30	0,0308	17,57
228	−0	3	30	0,0021	15,80	258	+0	6	10	0,0064	17,57
229	+0	17	30	0,0518	15,92	259	−0	5	00	0,0042	17,70
230	−0	43	10	0,3153	15,97	260	+0	2	00	0,0007	17,70
231	+0	23	00	0,0805	16,05	261	+0	12	00	0,0244	17,80
232	−0	4	00	0,0027	16,17	262	−0	8	50	0,0132	18,02
233	−0	14	10	0,0340	16 27	263	+0	10	20	0,0181	18,12
234	+0	17	50	0,0588	16,37	264	−0	13	20	0,0301	18,17
235	−0	6	00	0,0061	16,45	265	+0	0	50	0,0 01	18,15
236	−0	35	50	0,2178	16,52	266	−0	18	30	0,0579	18,12
237	+0	7	10	0,0087	16,52	267	+0	32	20	0,1769	18,12
238	−0	25	50	0,1129	16,62	268	−0	46	20	0,3633	18,10
239	+0	5	50	0,0058	16,80	269	+0	32	20	0,1769	18,07
240	−0	6	00	0,0061	16,92	270	−0	21	50	0,0807	18,02
241	+0	14	10	0,0340	17,04	271	+0	19	00	0,0611	17,97
242	−0	7	50	0,0104	17,05	272	−0	50	30	0,4316	18,02
243	+0	0	30	0,0000	17,15	273	+0	16	20	0,0451	18,25
244	+0	6	40	0,0075	17,17	274	+0	12	40	0,0272	18,27
245	−0	12	00	0,0244	17,30	275	+0	3	00	0,0015	18,30
246	−0	14	10	0,0340	17,40	276	−0	24	10	0,0988	18,20
247	+0	16	10	0,0442	17,37	277	−0	13	10	0,0293	18,30
248	−0	6	00	0,0061	17,50	278	+0	25	40	0,1115	18,40
249	+0	37	50	0,2422	17,52	279	−0	5	10	0,0045	18,42
250	−0	7	30	0,0095	17,57	280	−0	8	10	0,0113	18,92
30 F_{t_R}				1,4638	496,25	30 F_{t_R}				2,5955	539,87

$$[c'] = 4^{mm},0593$$

$$[l'] = 1036^{G},12$$

$$d = +0^{m},0061$$

Base A. **LÁMINA 5.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
281	−0	8	10	0,0113	12,50	311	+0	18	20	0,0569	17,27
282	+0	11	10	0,0211	12,80	312	+0	17	30	0,0518	17,47
283	+0	4	20	0,0032	13,00	313	−0	7	30	0,0095	17,70
284	−0	7	50	0,0104	13,22	314	+0	2	40	0,0012	17,87
285	+0	2	30	0,0011	13,52	315	−0	5	10	0,0045	17,97
286	−0	25	50	0,1129	13,77	316	−0	6	20	0,0068	17,95
287	+0	23	30	0,0935	14,17	317	+0	11	20	0,0217	18,05
288	−0	2	20	0,0009	14,35	318	−0	8	50	0,0132	17,87
289	+0	13	50	0,0324	14,52	319	+0	3	40	0,0023	17,65
290	−0	8	10	0,0113	14,72	320	+0	12	20	0,0257	17,37
291	+0	24	40	0,1030	14,85	321	+0	36	00	0,2193	17,20
292	−0	10	00	0,0169	15,10	322	−0	26	30	0,1188	17,07
293	+0	15	10	0,0389	15,25	323	+0	28	10	0,1343	17,07
294	−0	19	10	0,0622	15,37	324	−0	7	20	0,0091	16,95
295	+0	3	40	0,0023	15,30	325	+0	2	30	0,0011	16,85
296	−0	19	50	0,0636	15,45	326	−0	26	10	0,1159	17,02
297	+0	4	40	0,0037	15,60	327	+0	13	00	0,0286	17,22
298	−0	26	10	0,1159	15,65	328	+0	10	00	0,0169	17,67
299	+0	22	10	0,0832	15,72	329	+0	3	00	0,0015	17,87
300	−0	8	50	0,0132	15,82	330	−0	6	40	0,0075	18,02
301	+0	25	00	0,1058	16,02	331	−0	16	00	0,0433	18,43
302	−0	8	40	0,0127	16,12	332	−0	0	10	0,0000	18,62
303	+0	22	50	0,0882	16,27	333	+0	11	00	0,0205	18,62
304	−0	19	30	0,0644	16,30	334	−0	1	30	0,0004	18,70
305	+0	12	00	0,0244	16,32	335	+0	6	00	0,0061	18,75
306	+0	0	50	0,0001	16,47	336	+0	3	40	0,0023	18,85
307	−0	4	00	0,0027	16,75	337	−0	5	30	0,0051	18,80
308	−0	1	00	0,0002	16,87	338	−0	16	40	0,0470	18,92
309	+0	16	30	0,0461	17,02	339	+0	16	10	0,0442	18,95
310	−0	17	50	0,0538	17,15	340	−0	26	40	0,1203	19,00
$30\,F_{t_R}$				1,2024	455,97	$30\,F_{t_R}$				1,1358	537,74

$$[c'] = 2^{mm},3382$$

$$[t'] = 993^{G},71$$

$$d = +0^{m},0125$$

Base A. **DIA 6.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
341	−0	17	00	0,0489	12,77	377	+0	21	30	0,0782	16,90
342	+0	14	00	0,0332	13,02	378	−0	24	20	0,1002	16,82
343	−0	6	10	0,0064	13,27	379	+0	11	20	0,0217	16,90
344	−0	9	40	0,0158	13,45	380	−0	19	20	0,0633	16,95
345	+0	13	30	0,0308	13,62	381	+0	5	30	0,0051	17,02
346	−0	15	40	0,0415	13,80	382	−0	24	10	0,0988	16,97
347	+0	2	30	0,0011	14,10	383	+0	2	10	0,0008	16,90
348	−0	13	30	0,0308	14,20	384	+0	29	40	0,1489	16,97
349	−0	18	00	0,0548	14,37	385	−0	4	50	0,0040	16,97
350	−0	3	00	0,0015	14,50	386	−0	6	00	0,0061	16,92
351	+0	18	20	0,0569	14,70	387	+0	19	10	0,0622	17,00
352	−0	17	00	0,0489	14,82	388	−0	11	00	0,0205	17,00
353	−0	20	10	0,0688	15,02	389	+0	3	10	0,0017	16,92
354	+0	18	50	0,0600	15,22	390	−0	13	30	0,0308	17,00
355	+0	1	00	0,0002	15,45	391	−0	12	40	0,0272	17,02
356	+0	26	00	0,1144	15,62	392	−0	6	50	0,0079	17,10
357	+0	5	10	0,0045	15,72	393	+0	21	10	0,0758	17,20
358	−0	13	40	0,0316	15,87	394	−0	10	10	0,0175	17,27
359	−0	11	00	0,0205	15,95	395	−0	6	10	0,0064	17,35
360	+0	26	00	0,1144	16,12	396	+0	10	30	0,0187	17,37
361	+0	11	20	0,0217	16,17	397	+0	10	40	0,0193	17,37
362	−0	1	40	0,0005	16,25	398	−0	4	10	0,0029	17,40
363	+0	11	00	0,0205	16,40	399	+0	6	50	0,0079	17,45
364	−0	7	10	0,0087	16,52	400	−0	10	30	0,0187	17,50
365	+0	15	40	0,0415	16,62	401	−0	8	00	0,0108	17,62
366	−0	8	10	0,0113	16,70	402	−0	10	00	0,0169	17,62
367	−0	30	50	0,1609	16,70	403	+0	10	40	0,0193	17,62
368	−0	15	10	0,0389	16,70	404	−0	7	00	0,0083	17,52
369	+0	42	00	0,2985	16,67	405	+0	48	00	0,3899	17,40
370	−0	13	30	0,0308	16,72	406	−0	14	50	0,0372	17,47
371	−0	11	10	0,0211	16,77	407	+0	9	40	0,0158	17,42
372	−0	2	00	0,0007	16,85	408	−0	24	00	0,0975	17,40
373	+0	4	20	0,0032	16,82	409	−0	12	00	0,0244	17,40
374	−0	30	40	0,1592	16,85	410	−0	8	40	0,0127	17,42
375	+0	18	10	0,0559	16,90	411	−0	6	00	0,0061	17,37
376	+0	3	10	0,0017	16,90	412	+0	19	20	0,0633	17,17
$36\,F_{t_R}$				1,6601	558,13	$36\,F_{t_R}$				1,5468	619,70

$$[c'] = 3^{mm},2069$$

$$[t'] = 1177^{G},83$$

$$d = -0^{m},0014$$

Base A. **DIA 7.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'	Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
413	−0	22	50	0,0882	11,27	451	+0	10	10	0,0175	13,47
414	+0	24	30	0,1016	11,37	452	+0	11	40	0,0230	13,50
415	−0	9	50	0,0164	11,47	453	+0	24	00	0,0975	13,30
416	−0	16	40	0,0470	11,52	454	−0	1	20	0,0003	13,22
417	+0	19	40	0,0655	11,57	455	+0	5	30	0,0051	13,17
418	−0	3	20	0,0019	11,67	456	+0	4	20	0,0032	13,37
419	−0	30	20	0,1557	11,77	457	+0	4	00	0,0027	13,50
420	−0	1	50	0,0006	11,80	458	+0	14	40	0,0364	13,62
421	−0	12	30	0,0264	11,82	459	+0	16	50	0,0480	13,82
422	−0	26	50	0,1219	11,82	460	+0	2	50	0,0014	13,62
423	+0	16	20	0,0451	11,87	461	−0	0	50	0,0001	13,57
424	−0	41	00	0,2845	11,95	462	+0	33	20	0,1880	13,60
425	+0	8	10	0,0113	12,02	463	+0	32	50	0,1824	13,60
426	−0	12	50	0,0279	12,05	464	+0	16	30	0,0461	13,62
427	+0	8	50	0,0132	12,12	465	+0	31	50	0,1715	13,05
428	+0	13	20	0,0301	12,27	466	−0	5	40	0,0054	12,10
429	+0	8	40	0,0127	12,37	467	+0	11	10	0,0211	11,87
430	−0	21	10	0,0758	12,50	468	+0	26	50	0,1219	11,92
431	−0	17	00	0,0489	12,50	469	+0	11	30	0,0224	11,42
432	+0	3	20	0,0019	12,52	470	+0	15	30	0,0407	11,65
433	+0	14	00	0,0332	12,55	471	+0	6	40	0,0075	11,72
434	−0	2	30	0,0011	12,45	472	+0	16	50	0,0480	11,65
435	+0	12	10	0,0251	12,42	473	−0	6	30	0,0072	11,70
436	−0	14	10	0,0340	12,45	474	+0	11	20	0,0217	11,75
437	+0	19	10	0,0622	12,40	475	+0	5	50	0,0058	12,25
438	−0	0	50	0,0001	12,47	476	+0	29	30	0,1473	12,57
439	−0	11	20	0,0217	12,57	477	+0	30	20	0,1557	12,70
440	−0	1	10	0,0002	12,57	478	−0	17	00	0,0489	12,82
441	+0	13	30	0,0308	12,55	479	−0	3	10	0,0017	12,85
442	−0	3	00	0,0015	12,60	480	+0	2	20	0,0009	12,95
443	+0	22	20	0,0844	12,70	481	+0	50	20	0,4287	12,80
444	+0	14	00	0,0332	12,75	482	+0	6	00	0,0061	12,45
445	+0	4	20	0,0032	12,90	483	+0	37	10	0,2338	12,35
446	+0	7	50	0,0104	13,00	484	−0	4	30	0,0034	12,45
447	+0	22	30	0,0857	13,07	485	+0	2	30	0,0011	12,55
448	−0	1	00	0,0002	13,20	486	+0	20	20	0,0700	12,62
449	−0	7	20	0,0091	13,35	487	−0	9	10	0,0142	12,65
450	+0	11	30	0,0224	13,40	488	+0	37	40	0,2401	12,85
38 F_{t_R}				1,6351	467,65	38 F_{t_R}				2,4768	484,67

$$[c'] = 4^{\text{mm}},1119$$

$$[l'] = 952^{\text{G}},32$$

$$d = +0^{\text{m}},0123$$

Base A. **DIA 8.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I′			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
489	+0	15	20	0,0398	13,15	510	+0	31	00	0,1626	20,80
490	+0	2	40	0,0012	14,02	511	+0	6	40	0,0075	19,92
491	+0	18	10	0,0559	14,10	512	+0	18	20	0,0569	18,95
492	+0	26	10	0,1159	14,8	513	+0	16	20	0,0451	17,95
493	+0	25	50	0,1129	15,77	514	0	0	00	0,0000	18,0
494	+0	15	20	0,0398	15,90	515	+0	46	00	0,3581	18,10
495	+0	28	20	0,1359	15,95	516	+0	25	20	0,1086	18,12
496	+0	16	30	0,0461	15,95	517	+0	24	40	0,1030	17,35
497	+0	27	40	0,1295	16,00	518	+0	41	30	0,2915	17,10
498	+0	27	30	0,1280	15,97	519	+0	49	10	0,4091	17,22
499	+0	27	30	0,1280	17,00	520	+0	21	00	0,0746	17,27
500	+0	9	40	0,0158	18,12	521	+0	53	00	0,4754	17,47
501	+0	48	00	0,3899	19,10	522	−0	7	00	0,0083	17,47
502	+0	10	50	0,0199	19,05	523	+0	45	20	0,3490	17,30
503	+0	43	20	0,3178	19,80	524	+0	30	00	0,1523	17,32
504	+0	16	00	0,0433	20,60	525	+0	50	40	0,4344	17,27
505	+0	39	20	0,2618	20,35	526	+0	11	20	0,0217	16,32
506	+0	1	10	0,0002	21,22	527	−0	5	50	0,0058	16,20
507	+0	54	00	0,4935	21,10	528*	+0	47	40	0,3364	*15,85
508	+0	22	00	0,0819	21,90	529	+1	47	30	1,9555	15,35
509	+0	12	20	0,0257	21,85	530**	+0	23	30	0,0202	**14,67
21 F_{t_2}				2,5828	371,75	19 F_{t_2}				5,3760	335,53

$$[c'] = 7^{mm},9588$$

$$[t'] = 707^{G},28$$

---

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $5^m,5$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

** En esta posicion se tomó $0^m,8658$.

Introduciendo en las fórmulas (2) y (4) del capítulo II los datos numéricos que aparecen en los diez y seis *Estados* que anteceden, recordando lo prescrito en el mismo capítulo para calcular el último dia de medicion y teniendo presentes los valores de φ ((7) capítulo III), F_{t_R} y t_R ((34) capítulo IV), se obtiene lo siguiente:

Base A.

Dias.	1.ª medicion.	2.ª medicion.	1.ª — 2.ª
	m	m	m
1 . . .	276,0004	276,0001	+ 0,0003
2	300,0171	300,0168	+ 0,0003
3	304,0065	304,0066	— 0,0001
4	240,0254	240,0252	+ 0,0002
5	240,0307	240,0315	— 0,0008
6	288,0213	288,0203	+ 0,0010
7	304,0231	304,0219	+ 0,0012
8	164,3743	164,3743	0,0000
	2116,4988	2116,4967	+ 0,0021

Promedio ... A = $2116^{m},4977$.

Haciendo uso de la fórmula (5) (capítulo II) se halla para el *error probable* de esta base, debido á los *errores accidentales* ó de medicion con el aparato, lo siguiente:

$$\Delta_a = \pm 1^{mm},680.$$

Pero esta causa de error, aunque la principal, no es la única que constituye el *error probable* del resultado obte-

nido para la longitud medida. En efecto: las constantes φ y F_{t_R}, que entran repetidas veces en el cálculo (fórmulas (2) y (4)), no tienen un valor completamente exacto y sus respectivos *errores probables* [(10), (35)] deben tenerse en cuenta para calcular el total que corresponda á la base.

En las fórmulas (2) y (4) se vé que φ se halla *multiplicada*, en cada dia de medicion, por un factor que depende de la temperatura á que se haya operado y, por lo tanto,

Siendo:

Δ_φ ... el *error probable* (10) de φ,

$[f]$ ... la suma de estos factores en una medicion,

el *error probable* de la base debido á esta causa será:

(36) $[f]\,\Delta_\varphi$.

Respecto de F_{t_R} es preciso notar que, si bien aparece en las fórmulas (2) y (4) repetido tantas veces como se haya colocado la regla del aparato en un dia, no es posible considerar á n como factor para el cálculo del *error probable* porque la medicion resulta de haber observado *separadamente* cada una de las posiciones de la regla las cuales deben *sumarse* y en este caso, suponiendo de igual precision las observaciones y

Siendo:

$\Delta_{F_{t_R}}$ ... el *error probable* (35) de F_{t_R},

$[n]$ ... el número total de posiciones de la regla en una medicion,

el *error probable* de la base debido al de F_{t_R} (cálculo de las probabilidades) será:

(37) $\Delta_{F_{t_R}} \sqrt{[n]}$.

Conocidos los *errores probables* (5), (36), (37) debidos á las tres causas mencionadas, el correspondiente al total de la base será:

(38) $\sqrt{\Delta^2_a + \left([f]\,\Delta_\varphi\right)^2 + [n]\,\Delta^2_{F_{t_R}}}$.

Y el *error probable* de la base A [(38)]:

$$\sqrt{(1^{mm},680)^2 + (0^{mm},028)^2 + 530\,(0^{mm},002)^2} = \pm 1^{mm},681$$

ó bien:

(39) $\pm$ 0,000000794 de la longitud medida.

En estacion más á propósito se efectuó la segunda experiencia B que consistió en medir dos veces en doce dias, una base de 2359 metros.

Véanse los *Estados* siguientes que comprenden todos los datos relativos á esta base, tanto en la primera como en la segunda medicion.

Base B. DIA 8. **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t	Posiciones de la regla.	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
1	—1	47	20	1,9495	18,62	51	—1	0	40	0,6228	26,75
2	—1	13	30	0,9142	18,50	52	—1	8	30	0,7941	26,60
3	—0	57	40	0,5628	18,32	53	—1	6	10	0,7419	26,67
4	—1	12	00	0,8773	18,32	54	—1	13	00	0,9018	26,80
5	—1	15	00	0,9519	18,47	55	—1	8	00	0,7825	26,92
6	—1	2	00	0,6505	18,55	56	—1	11	3	0,8651	26,92
7	—1	3	30	0,6334	18,60	57	—0	58	10	0,5726	27,05
8	—1	20	20	1,0921	18,85	58	—1	2	00	0,6735	27,10
9	—1	38	30	1,6418	19,32	59	—1	14	00	0,9267	27,07
10	—1	13	50	0,9225	19,15	60	—1	1	20	0,6365	27,02
11	—1	23	10	1,1705	19,37	61	—0	53	20	0,4814	27,07
12	—1	20	00	1,0830	19,55	62	—0	23	20	0,0921	27,20
13	—0	45	50	0,3535	20,00	63	—0	36	00	0,2193	27,20
14	—1	13	00	0,8773	20,25	64	—1	20	20	1,0921	27,31
15	—0	51	30	0,4488	20,40	65	—0	53	00	0,4754	27,30
16	—1	4	40	0,7077	20,67	66	—0	57	30	0,5595	27,30
17	—0	51	30	0,4488	20,87	67	—0	36	40	0,2275	27,45
18	—1	21	10	1,1149	21,07	68	—0	57	00	0,5493	27,50
19	—1	22	40	1,1554	21,35	69	—0	45	00	0,3427	27,57
20	—1	11	30	0,8651	21,65	70	—0	55	50	0,5275	27,72
21	—1	0	30	0,6194	21,85	71	—1	0	00	0,6192	27,82
22	—1	10	20	0,8371	22,00	72	—0	42	50	0,3105	27,97
23	—1	8	10	0,7863	22,60	73	—0	19	10	0,0622	28,05
24	—1	14	40	0,9134	22,85	74	—1	2	30	0,6810	28,17
25	—1	12	00	0,8773	23,00	75	—0	35	20	0,2113	28,05
26	—1	11	00	0,8531	23,12	76	—1	1	00	0,6297	28,12
27	—0	55	30	0,5181	23,30	77	—0	47	20	0,3791	28,05
28	—1	12	10	0,8813	23,37	78	—0	51	20	0,4459	28,12
29	—1	7	50	0,7787	23,52	79	—0	36	20	0,2234	28,27
30	—1	29	10	1,3454	23,65	80	—0	31	00	0,1626	28,20
31	—0	54	50	0,5088	23,75	81	—0	12	50	0,0279	28,17
32	—1	11	30	0,8651	23,87	82	—0	56	40	0,5434	28,25
33	—1	4	30	0,7040	24,05	83	—0	14	30	0,0856	28,32
34	—1	10	40	0,8451	24,12	84	—0	1	20	0,0003	28,32
35	—1	43	33	1,8127	24,30	85	—0	4	10	0,0029	28,33
36	—1	11	30	0,8651	24,45	86	+0	2	50	0,0014	28,30
37	—1	1	20	0,6366	24,60	87	+0	10	50	0,0199	28,47
38	—1	31	30	1,4168	25,02	88	+0	1	30	0,0004	28,50
39	—1	24	30	1,2083	25,05	89	+0	3	10	0,0017	28,53
40	—1	13	50	0,9225	25,27	90	+0	18	20	0,0569	28,65
41	—1	26	10	1,2564	25,35	91	—0	16	20	0,0451	28,62
42	—1	12	10	0,8813	25,55	92	+0	28	00	0,1327	28,60
43	—1	47	40	1,9616	25,65	93	+0	19	30	0,0644	28,62
44	—1	23	10	1,1705	25,92	94	—0	6	20	0,0038	28,62
45	—0	56	20	0,5370	26,15	95	+0	18	30	0,0579	28,62
46	—1	15	00	0,9519	26,27	96	+0	27	00	0,1284	28,72
47	—1	47	00	1,9374	26,47	97	+0	5	20	0,0048	28,80
48	—1	5	30	0,7260	26,62	98	—0	4	10	0,0029	28,95
49	—1	10	00	0,8292	26,70	99	+0	28	40	0,1391	29,52
50	—1	31	00	1,4013	26,70	100	—0	8	20	0,0118	29,67
$50\,F_{t_R}$				48,3507	1127,00	$50\,F_{t_R}$				17,0351	1396,02

$$[c] = 65^{mm},3858$$

$$[t] = 2523^{G},02$$

Base B. DIA 2. 1.ª Medicion.

Posiciones de la regla	I	$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla	I	$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	o ′ ″	mm	G		o ′ ″	mm	G
101	+0 4 00	0,0027	21,10	151	+0 8 50	0,0132	26,57
102	+0 20 50	0,0735	20, 7	152	+0 14 40	0,0361	26,60
103	−0 2 00	0,0007	20,87	153	+0 34 50	0,2053	26,72
104	+0 29 00	0,1423	20,8[illegible]	154	+0 9 50	0,0164	26,80
105	−0 5 20	0,0038	20,87	155	+0 3 40	0,0023	26,82
106	+0 13 50	0,0324	20,90	156	+0 24 50	0,1044	26,90
107	+0 15 00	0,0433	21,12	157	+0 14 20	0,0348	27,02
108	+0 20 20	0,0700	21,17	158	+0 22 30	0,0857	27,22
109	+0 8 30	0,0122	21,20	159	+0 37 40	0,2401	27,27
110	−0 8 10	0,0113	21,40	160	+0 18 10	0,0559	27,22
111	+0 9 30	0,0153	21,47	161	+0 14 20	0,0348	27,35
112	+0 18 10	0,0549	21,65	162	+0 4 00	0,0027	27,45
113	+0 1 00	0,0002	21,82	163	+0 29 50	0,1506	27,47
114	+0 23 00	0,0885	21,9[illegible]	164	+0 6 00	0,0061	27,60
115	+0 5 00	0,0042	21,95	165	+0 24 40	0,1030	27,72
116	+0 20 30	0,0711	22,00	166	+0 16 30	0,0461	27,77
117	+0 12 20	0,0257	22,05	167	+0 35 20	0,2113	27 90
118	+0 18 0[illegible]	0,0548	22,30	168	+0 33 00	0,1843	28,02
119	−0 0 30	0,0000	22,57	169	+0 9 00	0,0137	28,20
120	+0 16 [illegible]0	0,0433	22,72	170	+0 10 10	0,0175	28,30
121	+0 10 10	0,0175	22,90	171	+0 24 30	0,1 16	28,45
122	+0 15 30	0,0407	23,07	172	+0 22 30	0,0857	28,47
123	+0 33 30	0,1899	23,32	173	+0 6 00	0,0061	28,70
124	−0 14 40	0,0364	23,57	174	+0 30 30	0,1574	28,77
125	−0 2 30	0,0011	23,72	175	+0 10 00	0,0169	29,05
126	+0 36 10	0,2214	23,95	176	+0 5 20	0,0048	28,95
127	+0 16 00	0,0433	24,12	177	+0 29 50	0,1506	28,95
128	−0 18 10	0,0559	24,37	178	+0 1 10	0,0002	28,92
129	+0 39 50	0,2585	24,65	179	+0 11 30	0,0224	29,05
130	+0 30 30	0,1574	24,85	180	+0 10 30	0,0187	29,07
131	+0 15 00	0,0381	25,00	181	+0 23 00	0,0895	29,27
132	+0 23 30	0,0935	25,12	182	+0 16 30	0,0461	29,37
133	+0 31 30	0,1679	25,30	183	+0 31 30	0,1679	29,45
134	−0 3 20	0,0019	25,32	184	+0 4 30	0,0034	29,52
135	+0 15 00	0,0381	25,27	185	+0 45 40	0,3529	29,55
136	+0 21 20	0,0770	25,37	186	+0 23 40	0,0948	29,57
137	−0 6 00	0,0061	25,50	187	+0 18 30	0,0579	29,60
138	+0 19 50	0,0666	25,65	188	+0 16 30	0,0461	29,30
139	+0 5 30	0,0051	25,75	189	−0 2 30	0,0011	29,30
140	+0 25 00	0,1058	25,90	190	+0 9 00	0,0137	29,30
141	+0 42 30	0,3057	25,97	191	+0 29 10	0,1440	29,20
142	+0 9 30	0,0153	26,07	192	−0 15 40	0,0415	29,[illegible]2
143	+0 29 30	0,1473	26,15	193	−0 7 00	0,0083	29,40
144	+0 28 20	0,1359	26,27	194	+0 4 40	0,0037	29,60
145	+0 18 00	0,0548	26,33	195	+0 33 00	0,1843	29,70
146	+0 12 30	0,0264	26,32	196	−0 2 50	0,0014	29,80
147	+0 11 20	0,0217	26,37	197	+0 18 50	0,0600	29,80
148	+0 24 10	0,0988	26,40	198	+0 16 40	0,0470	30,05
149	+0 26 10	0,1159	26,45	199	+0 0 50	0,0001	30,22
150	+0 21 00	0,0746	26,52	200	+0 22 00	0,0819	30,92
50 F_{t_R}		3,3818	1186,54	50 F_{t_R}		3,5746	1427,54

$$[c] = 6^{mm},9564$$

$$[t] = 2614^{G},08$$

Base B. **DIA 3.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\,\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\,\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
201	+0	11	40	0,0230	20,40	251	+0	14	40	0,0364	26,50
202	+0	18	20	0,0569	20,35	252	+0	3	30	0,0021	26,52
203	+0	8	20	0,0118	20,25	253	−0	4	50	0,0040	26,57
204	+0	7	00	0,0083	20,20	254	+0	17	00	0,0489	26,62
205	+0	7	00	0,0083	20,15	255	+0	17	00	0,0489	26,67
206	+0	15	50	0,0424	20,15	256	+0	24	50	0,1044	26,75
207	+0	25	00	0,1058	20,12	257	+0	33	10	0,1862	27,00
208	+0	7	20	0,0091	20,10	258	+0	12	30	0,0264	27,17
209	+0	7	30	0,0095	20,12	259	+0	8	00	0,0108	27,37
210	+0	1	30	0,0004	20,12	260	+0	34	20	0,1995	27,42
211	+0	27	40	0,1295	20,17	261	+0	4	40	0,0037	27,40
212	0	0	00	0,0000	20,32	262	+0	16	20	0,0451	27,40
213	+0	14	20	0,0348	20,37	263	+0	5	30	0,0051	27,42
214	+0	19	30	0,0644	20,50	264	+0	5	20	0,0048	27,50
215	+0	2	30	0,0011	20,57	265	+0	2	00	0,0007	27,57
216	+0	16	30	0,0461	20,70	266	+0	21	20	0,0770	27,55
217	+0	15	50	0,0424	20,77	267	−0	3	30	0,0021	27,77
218	+0	0	30	0,0000	20,85	268	+0	6	00	0,0061	27,85
219	+0	5	30	0,0051	21,02	269	+0	3	00	0,0015	27,87
220	+0	30	00	0,1523	21,10	270	+0	30	50	0,1609	27,85
221	+0	20	30	0,0711	21,22	271	0	0	00	0,0000	28,00
222	+0	5	30	0,0051	21,37	272	+0	23	20	0,0921	28,10
223	+0	26	50	0,1219	21,52	273	+0	4	20	0,0032	28,20
224	−0	2	20	0,0009	21,67	274	+0	31	50	0,1715	28,30
225	+0	28	30	0,1375	21,82	275	−0	6	20	0,0068	28,37
226	+0	14	40	0,0364	21,97	276	+0	8	20	0,0118	28,42
227	−0	7	30	0,0095	22,12	277	+0	18	00	0,0548	28,45
228	+0	14	40	0,0364	22,37	278	+0	45	50	0,3555	28,52
229	+0	10	30	0,0187	22,50	279	+0	10	00	0,0169	28,72
230	+0	7	40	0,0099	22,60	280	0	0	00	0,0000	28,75
231	+0	25	40	0,1115	22,80	281	+0	3	00	0,0015	28,80
232	+0	11	00	0,0205	22,95	282	+0	38	50	0,2552	28,90
233	+0	4	00	0,0027	23,10	283	+0	12	50	0,0279	29,00
234	+0	32	00	0,1733	23,17	284	+0	12	10	0,0251	29,02
235	−0	22	00	0,0819	23,32	285	+0	36	20	0,2234	29,05
236	+0	15	30	0,0407	23,52	286	+0	32	30	0,1787	29,12
237	+0	28	40	0,1391	23,72	287	−0	7	30	0,0095	29,27
238	+0	7	30	0,0095	23,97	288	−0	16	40	0,0470	29,45
239	+0	15	10	0,0389	24,12	289	+0	27	40	0,1295	29,57
240	−0	9	10	0,0142	24,30	290	+1	4	00	0,6932	29,67
241	+0	14	10	0,0340	24,35	291	−0	7	00	0,0083	29,72
242	+0	7	30	0,0095	24,77	292	+0	27	50	0,1311	29,77
243	+0	29	30	0,1473	24,90	293	−0	25	40	0,1115	29,75
244	+0	10	00	0,0160	25,42	294	+0	19	00	0,0611	29,72
245	+0	24	00	0,0975	25,50	295	−0	0	40	0,0001	29,77
246	−0	12	10	0,0251	25,62	296	+0	37	00	0,2317	29,85
247	+0	24	40	0,1030	25,82	297	+0	19	10	0,0622	29,87
248	+0	23	40	0,0948	26,10	298	+0	27	00	0,1234	29,90
249	+0	27	00	0,1234	26,30	299	+0	12	10	0,0251	29,97
250	+0	10	10	0,0175	26,40	300	+0	17	50	0,0538	31,00
$50\,F_{t_R}$				2,4999	1117,64	$50\,F_{t_R}$				4,0865	1419,77

$$[c] = 6^{mm},5864$$

$$[t] = 2537^{G},41$$

Base B. **DIA 4.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
301	+0	3	10	0,0017	19,75	351	+0	4	20	0,0032	25,27
302	+0	11	30	0,0224	19,60	352	+0	22	40	0,0869	25,47
303	+0	48	00	0,3899	19,42	353	+0	20	20	0,0700	25,57
304	−0	12	10	0,0251	19,27	354	+0	10	50	0,0199	25,65
305	+0	12	30	0,0264	19,22	355	+0	18	30	0,0579	25,82
306	+0	9	00	0,0137	19,27	356	+0	19	30	0,0644	25,90
307	+0	46	20	0,3633	19,35	357	+0	24	20	0,1002	26,10
308	−0	9	30	0,0153	19,40	358	+0	4	20	0,0032	26,30
309	+0	34	00	0,1956	19,47	359	+0	23	40	0,0948	26,42
310	−0	6	10	0,0064	19,47	360	+0	27	50	0,1311	26,55
311	+0	46	00	0,3581	19,50	361	+0	1	20	0,0003	26,77
312	+0	6	10	0,0064	19,50	362	+0	30	10	0,1540	26,92
313	+0	8	20	0,0118	19,52	363	+0	16	50	0,0480	27,12
314	+0	17	40	0,0528	19,60	364	+0	18	30	0,0579	27,22
315	+0	28	20	0,1359	19,70	365	+0	30	40	0,1592	27,70
316	−0	1	10	0,0002	19,77	366	+0	5	50	0,0058	27,82
317	+0	5	20	0,0048	19,82	367	+0	30	50	0,1609	27,92
318	+0	7	20	0,0091	19,90	368	+0	17	20	0,0508	28,12
319	+0	21	40	0,0794	19,92	369	+0	38	40	0,2530	28,25
320	+0	15	00	0,0381	20,00	370	+0	18	40	0,0590	28,32
321	+0	22	50	0,0882	20,05	371	+0	22	10	0,0832	28,42
322	+0	7	50	0,0104	20,12	372	+0	29	20	0,1456	28,50
323	+0	39	40	0,2663	20,17	373	−0	1	20	0,0003	28,55
324	−0	7	00	0,0083	20,35	374	+0	18	20	0,0569	28,70
325	+0	12	40	0,0272	20,50	375	+0	22	30	0,0857	28,87
326	+0	13	00	0,0286	20,55	376	+0	7	20	0,0091	29,15
327	+0	34	30	0,2014	20,70	377	+0	18	10	0,0559	29,25
328	−0	2	40	0,0012	20,80	378	+0	23	40	0,0948	29,35
329	+0	35	50	0,2173	20,87	379	+0	20	50	0,0735	29,60
330	+0	10	30	0,0187	21,00	380	+0	22	10	0,0832	29,72
331	+0	7	50	0,0104	21,17	381	+0	28	10	0,1343	29,77
332	+0	3	20	0,0019	21,30	382	+0	20	20	0,0700	29,75
333	+0	50	30	0,4316	21,40	383	−0	4	10	0,0029	29,77
334	+0	12	50	0,0279	21,52	384	+0	11	10	0,0211	29,92
335	−0	13	00	0,0286	21,70	385	+0	10	40	0,0193	29,95
336	+0	26	20	0,1174	21,95	386	+0	13	00	0,0286	30,02
337	+0	5	10	0,0045	22,10	387	+0	12	00	0,0244	30,05
338	+0	18	10	0,0559	22,25	388	+0	9	00	0,0137	30,07
339	+0	12	00	0,0244	23,57	389	+0	27	20	0,1264	30,15
340	+0	18	40	0,0590	22,76	390	+0	33	40	0,1918	30,27
341	+0	28	00	0,1327	22,75	391	+0	21	10	0,0758	30,47
342	+0	18	40	0,0590	23,00	392	+0	6	10	0,0064	30,77
343	+0	19	30	0,0644	23,62	393	+0	43	50	0,3252	30,85
344	+0	11	30	0,0224	23,82	394	+0	14	00	0,0332	30,87
345	+0	25	10	0,1072	24,02	395	−0	5	40	0,0054	30,95
346	+0	3	10	0,0017	24,32	396	+0	21	10	0,0758	31,07
347	−0	2	10	0,0008	24,45	397	+0	5	00	0,0042	31,12
348	+0	35	30	0,2133	24,75	398	+0	20	20	0,0700	31,20
349	+0	7	50	0,0104	24,97	399	+0	13	50	0,0324	31,95
350	+0	37	00	0,2317	25,17	400	+0	21	30	0,0782	33,55
$50\,F_{t_R}$				4,2292	1056,09	$50\,F_{t_R}$				3,6078	1437,84

$$[c] = 7^{\mathrm{mm}},8370$$

$$[t] = 2493^{\mathrm{G}},93$$

Base B. DIA 5. 1.ª Medicion.

Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
401	−0	7	40	0,0099	20,12	451	+0	21	30	0,0782	27,37
402	+0	50	30	0,4316	19,52	452	+0	32	30	0,1787	27,55
403	+0	25	20	0,1086	19,40	453	+0	8	50	0,0132	27,62
404	+0	4	50	0,0041	19,45	454	+0	22	00	0,0819	27,75
405	+0	8	50	0,0132	19,47	455	+0	8	20	0,0118	27,90
406	+0	30	50	0,1699	19,62	456	+0	43	30	0,3202	28,00
407	+0	8	20	0,0118	19,72	457	+0	42	30	0,3037	28,03
408	+0	11	00	0,0205	19,90	458	−0	18	20	0,0569	27,97
409	+0	22	20	0,0844	20,10	459	+0	25	20	0,1086	28,17
410	+0	17	00	0,0489	20,32	460	+0	23	20	0,0921	28,27
411	+0	35	30	0,2133	20,50	461	+0	15	40	0,0415	28,45
412	−0	9	20	0,0147	20,65	462	+0	7	40	0,0099	28,72
413	+0	23	50	0,0961	20,80	463	+0	22	10	0,0832	28,77
414	+0	27	10	0,1249	20,92	464	+0	8	30	0,0122	28,92
415	+0	8	20	0,0118	21,02	465	+0	26	30	0,1188	29,07
416	+0	16	10	0,0442	21,20	466	+0	23	20	0,0921	29,15
417	+0	23	20	0,0921	21,30	467	+0	11	20	0,0217	29,42
418	+0	19	00	0,0611	21,45	468	+0	10	00	0,0169	29,45
419	+0	28	00	0,1327	21,60	469	+0	23	20	0,1359	29,40
420	+0	21	10	0,0758	21,70	470	−0	3	30	0,0021	29,37
421	+0	15	30	0,0407	21,87	471	+0	34	10	0,1976	29,42
422	+0	3	30	0,0021	22,0	472	+0	7	50	0,0104	29,47
423	+0	19	50	0,0686	22,20	473	+0	26	50	0,1219	29,55
424	+0	21	40	0,0794	22,40	474	+0	17	10	0,0499	29,62
425	+0	12	30	0,0264	22,65	475	+0	34	10	0,1976	29,75
426	+0	25	40	0,1115	22,90	476	+0	6	20	0,0068	29,82
427	+0	23	30	0,0935	23,20	477	+0	13	20	0,0301	29,84
428	+0	13	30	0,0308	23,40	478	+0	36	20	0,2234	29,67
429	+0	12	00	0,0244	23,60	479	−0	4	30	0,0034	29,60
430	+0	27	50	0,1311	23,77	480	+0	27	00	0,1234	29,57
431	+0	6	50	0,0079	23,97	481	+0	22	30	0,0857	29,57
432	+0	26	10	0,1159	24,10	482	+0	1	50	0,0006	29,60
433	+0	27	10	0,1249	24,25	483	+0	25	30	0,1100	29,70
434	+0	12	10	0,0251	24,45	484	+0	4	40	0,0037	29,85
435	+0	19	00	0,0611	24,65	485	+0	15	00	0,0381	29,80
436	+0	22	10	0,0832	24,85	486	+0	32	30	0,1787	29,90
437	−0	2	30	0,0011	25,05	487	+0	22	30	0,0857	30,07
438	+0	18	00	0,0548	25,30	488	+0	6	50	0,0079	30,30
439	+0	8	40	0,0127	25,97	489	+0	18	00	0,0548	30,42
440	+0	17	30	0,0518	26,07	490	+0	39	20	0,2618	30,55
441	+0	28	10	0,1343	26,12	491	+0	28	00	0,1327	30,80
442	+0	19	50	0,0666	26,27	492	+0	23	20	0,0921	31,82
443	+0	9	00	0,0137	26,47	493	+0	38	20	0,2487	31,00
444	+0	14	10	0,0340	26,57	494	−0	8	10	0,0113	31,32
445	+0	22	50	0,0882	26,75	495	+0	9	00	0,0137	31,47
446	+0	27	50	0,1311	26,87	496	+0	19	30	0,0644	31,50
447	+0	32	50	0,1824	26,97	497	+0	21	20	0,0770	31,60
448	+0	13	40	0,0316	27,05	498	+0	50	30	0,4316	31,65
449	+0	11	40	0,0230	27,07	499	+0	6	30	0,0072	31,55
450	+0	15	50	0,0424	27,15	500	+0	45	30	0,3503	32,47
$50\,F_{I_R}$				3,6528	1152,75	$50\,F_{t_R}$				5,0021	1479,58

$$[c] = 8^{mm},6549$$

$$[t] = 2632^{g},33$$

Base B. **DIA 6.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
501	+0	5	00	0,0042	21,90	546	+0	36	50	0,2296	26,27
502	+0	28	30	0,1375	21,87	547	+0	1	00	0,0002	26,40
503	−0	2	40	0,0012	21,82	548	+0	21	50	0,0807	26,57
504	+0	4	30	0,0034	21,82	549	+0	8	30	0,0122	26,72
505	+0	42	00	0,2985	21,82	550	+0	25	30	0,1100	26,80
506	−0	4	10	0,0029	21,77	551	+0	13	30	0,0308	26,92
507	+0	23	20	0,0921	21,77	552	+0	32	30	0,1787	27,10
508	+0	17	50	0,0538	21,80	553	+0	2	00	0,0007	27,30
509	+0	3	30	0,0021	21,82	554	+0	0	40	0,0001	27,47
510	+0	36	30	0,2255	21,82	555	+0	23	50	0,0961	27,65
511	+0	13	30	0,0308	21,87	556	+0	22	00	0,0819	27,77
512	+0	22	00	0,0819	21,90	557	+0	7	50	0,0104	27,92
513	−0	0	20	0,0000	21,92	558	+0	5	30	0,0051	28,05
514	+0	32	00	0,1733	21,97	559	+0	38	20	0,2487	28,22
515	−0	5	40	0,0054	22,12	560	+0	16	20	0,0451	28,37
516	+0	6	30	0,0072	22,25	561	+0	3	20	0,0019	28,42
517	+0	40	10	0,2730	22,32	562	+0	37	50	0,2422	28,62
518	+0	3	30	0,0021	22,40	563	−0	2	50	0,0014	28,72
519	+0	13	00	0,0286	22,52	564	+0	15	40	0,0415	28,82
520	+0	20	00	0,0677	22,60	565	+0	5	50	0,0058	28,95
521	−0	1	00	0,0002	22,75	566	−0	13	20	0,0301	29,00
522	+0	10	30	0,0187	22,82	567	+0	13	10	0,0293	29,17
523	+0	9	40	0,0158	22,92	568	−0	16	50	0,0480	29,25
524	+0	18	30	0,0579	23,02	569	−0	13	10	0,0293	29,37
525	+0	15	10	0,0389	23,15	570	+0	1	00	0,0002	29,40
526	+0	24	20	0,1002	23,30	571	−0	16	30	0,0461	29,55
527	+0	11	00	0,0205	23,47	572	−0	40	10	0,2730	29,60
528	+0	0	50	0,0001	23,60	573	−0	29	40	0,1489	29,80
529	+0	41	10	0,2868	23,75	574	−0	8	00	0,0108	29,95
530	−0	13	30	0,0308	23,95	575	−0	31	20	0,1661	30,07
531	+0	13	30	0,0308	24,17	576	−0	31	40	0,1697	30,25
532	+0	12	40	0,0272	24,32	577	−0	34	10	0,1976	30,45
533	+0	8	50	0,0132	24,50	578	−0	40	50	0,2822	30,60
534	+0	36	50	0,2296	24,62	579	−0	16	40	0,0470	30,62
535	+0	23	40	0,0948	24,72	580	−0	30	00	0,1523	30,67
536	+0	20	00	0,0677	24,90	581	−0	32	50	0,1824	30,70
537	−0	0	50	0,0001	24,95	582	−0	10	10	0,0175	30,80
538	+0	43	50	0,3252	25,15	583	−0	30	50	0,1609	31,15
539	+0	0	50	0,0001	25,27	584	−0	33	30	0,1899	31,27
540	+0	3	40	0,0023	25,47	585	−0	31	40	0,1697	31,37
541	+0	25	30	0,1100	25,65	586	−0	9	40	0,0158	31,47
542	−0	2	40	0,0012	25,77	587	−0	43	30	0,3202	31,72
543	+0	16	30	0,0461	25,82	588	−0	45	30	0,3503	31,87
544	+0	3	00	0,0015	26,02	589	−0	14	30	0,0356	32,00
545	+0	14	00	0,0352	26,17	590*	+0	1	30	0,4745	*32,85
$45 F_{t_R}$				3,0441	1050,31	$44 F_{t_R}$				4,9705	1283,16

$$[c] = 8^{mm},0146$$

$$[t] = 2533^{G},47$$

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $2^{m},9656$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

Base B. **DOLA I.** 2.ª Medicion.

Posiciones de la regla	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'			$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
1	—2	8	50	2,8086	22,07	51	—1	2	50	0,6681	29,55
2	—1	5	10	0,7187	22,37	52	—0	51	10	0,4430	29,72
3	—1	3	40	0,6360	22,55	53	—1	6	30	0,7484	29,80
4	—1	8	10	0,7863	22,67	54	—1	12	30	0,8895	29,97
5	—1	20	10	1,0876	22,80	55	—1	7	40	0,7749	30,10
6	—1	3	20	0,6788	22,90	56	—1	7	00	0,7597	30,10
7	—1	12	40	0,8936	22,95	57	—1	19	10	1,0606	30,20
8	—0	45	50	0,3555	23,10	58	—0	39	30	0,2640	30,25
9	—1	15	50	0,9732	23,20	59	—1	31	20	1,4116	30,27
10	—0	56	30	0,5402	23,32	60	—0	48	30	0,3981	30,35
11	—1	23	10	1,1705	23,42	61	—1	6	30	0,7484	30,37
12	—1	2	00	0,6505	23,55	62	—1	17	00	1,0033	30,42
13	—1	11	10	0,8571	23,67	63	—0	23	40	0,0948	30,47
14	—1	6	40	0,7521	23,80	64	—1	21	00	1,1103	30,53
15	—1	2	00	0,6505	24,20	65	—0	58	00	0,5693	30,62
16	—0	43	30	0,3202	24,85	66	—0	46	20	0,3633	30,65
17	—1	17	40	1,0208	25,00	67	—0	49	40	0,4175	30,77
18	—1	12	40	0,8936	25,25	68	—0	57	10	0,5530	30,77
19	—1	22	00	1,1379	25,37	69	—0	51	40	0,4517	30,95
20	—1	10	50	0,8491	25,50	70	—0	59	30	0,5991	31,00
21	—1	7	30	0,7710	25,70	71	—0	44	00	0,3276	31,05
22	—0	49	00	0,4063	25,82	72	—0	49	40	0,4175	31,20
23	—0	53	00	0,4754	25,95	73	—0	28	30	0,0935	31,25
24	—1	35	40	1,5487	26,05	74	—0	37	00	0,2317	31,35
25	—1	10	20	0,8371	26,20	75	—0	57	30	0,5595	31,40
26	—1	11	30	0,8651	26,30	76	—0	46	20	0,3633	31,45
27	—1	5	20	0,7223	26,45	77	—0	55	30	0,5213	31,47
28	—1	3	50	0,6895	26,50	78	—0	56	50	0,5466	31,52
29	—1	15	40	0,9689	26,60	79	—0	41	50	0,2962	31,55
30	—1	6	30	0,7484	26,72	80	—0	16	50	0,0480	31,60
31	—1	11	40	0,8692	26,80	81	—0	44	30	0,3351	31,57
32	—0	50	30	0,4316	26,80	82	—0	25	10	0,1072	31,62
33	—1	16	20	0,9860	26,92	83	—0	25	20	0,1086	31,67
34	—1	8	40	0,7979	26,97	84	—0	3	40	0,0023	31,70
35	—0	51	40	0,4517	27,07	85	+0	7	10	0,0087	31,75
36	—0	52	50	0,4724	27,15	86	—0	6	00	0,0061	31,80
37	—1	28	10	1,3154	27,25	87	+0	11	30	0,0224	31,77
38	—1	5	10	0,7187	27,45	88	+0	5	50	0,0058	31,82
39	—1	59	00	0,5891	27,55	89	—0	0	30	0,0000	31,87
40	—1	8	50	0,8018	27,70	90	+0	3	20	0,0019	31,95
41	—1	11	20	0,8611	27,85	91	+0	4	50	0,0040	31,82
42	—1	14	40	0,9434	28,20	92	+0	16	20	0,0451	31,77
43	—0	32	30	0,1787	28,37	93	+0	19	20	0,0633	31,80
44	—1	23	40	1,1846	28,55	94	—0	7	30	0,0095	31,87
45	—1	12	30	0,8895	28,70	95	+0	14	00	0,0332	31,97
46	—1	16	00	0,9774	28,80	96	+0	39	30	0,2640	31,97
47	—0	41	50	0,2962	28,92	97	—0	6	20	0,0068	32,00
48	—1	14	30	0,9392	29,12	98	+0	9	00	0,0137	31,97
49	—1	4	20	0,7004	29,20	99	+0	18	40	0,0590	32,12
50	—1	33	40	1,4847	29,40	100	+0	8	30	0,0122	32,52
$50\,F_{t_R}$				41,7525	1293,60	$50\,F_{t_R}$				17,8427	1558,03

$$[c'] = 59^{mm},5952$$
$$[t'] = 2851^{G},63$$
$$d = -0^{m},0205$$

Base B. DIA 2. 2.ª Medicion.

Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
101	−0 0 10	0,0000	22,12	151	+0 21 00	0,0746	26,12
102	+0 0 20	0,0000	22,22	152	+0 20 30	0,0711	26,30
103	+0 6 20	0,0068	22,22	153	+0 6 30	0,0072	26,37
104	+0 26 10	0,1159	22,27	154	+0 21 30	0,0782	26,50
105	−0 7 30	0,0095	22,30	155	+0 13 10	0,0293	26,32
106	+0 1 00	0,0002	22,30	156	+0 20 40	0,0723	23,05
107	+0 32 00	0,1733	22,30	157	+0 1 20	0,0003	26,02
108	+0 26 40	0,1203	22,35	158	+0 43 30	0,3202	26,15
109	−0 9 40	0,0158	22,37	159	+0 25 10	0,1072	26,25
110	+0 6 00	0,0061	22,42	160	+0 20 20	0,0700	26,40
111	+0 0 10	0,0000	22,50	161	0 0 00	0,0000	26,72
112	+0 26 30	0,1188	22,57	162	+0 11 00	0,0205	26,97
113	−0 8 40	0,0127	22,72	163	+0 17 10	0,0499	27,25
114	+0 18 30	0,0579	22,77	164	+0 9 20	0,0147	27,32
115	+0 5 50	0,0058	22,92	165	+0 31 00	0,1626	27,47
116	+0 37 00	0,2317	23,07	166	+0 7 10	0,0087	27,55
117	−0 9 20	0,0147	23,15	167	+0 52 30	0,4664	27,70
118	+0 18 10	0,0559	23,22	168	+0 18 10	0,0559	27,80
119	+0 29 00	0,1423	23,35	169	+0 5 30	0,0051	27,57
120	+0 1 50	0,0006	23,55	170	+0 29 20	0,1456	27,42
121	+0 9 20	0,0147	23,62	171	−0 1 40	0,0005	27,35
122	+0 7 20	0,0091	23,72	172	+0 36 50	0,2296	27,57
123	+0 36 10	0,2214	23,85	173	+0 25 00	0,1058	27,85
124	−0 20 00	0,0677	23,97	174	+0 8 30	0,0122	27,82
125	+0 14 10	0,0340	24,07	175	+0 17 00	0,0489	27,90
126	+0 16 40	0,0470	24,17	176	+0 3 00	0,0015	28,02
127	+0 26 40	0,1203	24,32	177	+0 24 20	0,1002	28,07
128	−0 17 10	0,0499	24,42	178	+0 9 10	0,0142	28,27
129	+0 33 00	0,2444	24,52	179	+0 9 20	0,0147	28,27
130	+0 18 20	0,0569	24,67	180	+0 9 00	0,0137	28,40
131	+0 27 10	0,1249	24,70	181	+0 2 40	0,0012	28,55
132	+0 18 00	0,0548	24,82	182	+0 46 10	0,3607	28,65
133	+0 20 20	0,0700	24,85	183	+0 27 30	0,1280	28,65
134	+0 9 10	0,0142	24,90	184	+0 1 50	0,0006	28,85
135	+0 7 20	0,0091	24,95	185	+0 41 10	0,2863	28,97
136	+0 28 00	0,1327	25,05	186	+0 35 20	0,2113	28,87
137	−0 3 20	0,0019	25,10	187	−0 0 10	0,0000	28,55
138	+0 28 20	0,1359	25,20	188	+0 22 20	0,0844	28,37
139	+0 47 30	0,3818	25,25	189	+0 2 30	0,0011	28,30
140	+0 44 50	0,3402	25,40	190	+0 2 20	0,0009	28,05
141	+0 24 50	0,1044	25,50	191	+0 31 00	0,1626	27,77
142	+0 6 10	0,0064	25,65	192	−0 26 30	0,1188	27,75
143	+0 51 00	0,4402	25,77	193	+0 18 00	0,0548	27,62
144	+0 4 00	0,0027	25,82	194	−0 4 50	0,0049	27,42
145	+0 18 20	0,0569	25,85	195	+0 31 00	0,1626	27,20
146	+0 21 20	0,0770	25,80	196	−0 13 20	0,0301	27,07
147	+0 17 50	0,0538	25,80	197	+0 29 50	0,1506	27,10
148	+0 13 10	0,0293	25,87	198	+0 4 50	0,0040	27,20
149	+0 34 20	0,1995	25,95	199	+0 14 40	0,0364	27,32
150	+0 10 00	0,0169	25,90	200	+0 17 30	0,0518	28,00
50 F_{t_R}		4,2063	1202,15	50 F_{t_R}		4,1518	1376,03

$$[c'] = 8^{mm},3581$$
$$[t'] = 2578^{G},18$$
$$d = +0^{m},0028$$

Base B. **DIA 3.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
201	+0 6 30	0,0072	21,82	251	+0 31 00	0,1626	25,60
202	+0 7 30	0,0095	21,95	252	−0 5 30	0,0051	25,67
203	+0 31 10	0,1644	22,05	253	+0 12 30	0,0264	25,72
204	−0 5 40	0,0054	22,15	254	+0 0 50	0,0001	25,80
205	+0 28 20	0,1359	22,27	255	+0 18 50	0,0600	25,85
206	+0 6 20	0,0068	22,35	256	+0 16 30	0,0461	25,87
207	+0 27 00	0,1234	22,45	257	+0 33 30	0,1899	25,77
208	−0 12 30	0,0264	22,52	258	+0 17 40	0,0528	25,82
209	+0 28 40	0,1391	22,65	259	+0 8 10	0,0113	25,80
210	−0 7 20	0,0091	22,72	260	+0 45 00	0,3427	25,97
211	+0 37 30	0,2380	22,82	261	−0 12 00	0,0244	26,10
212	−0 5 40	0,0054	22,90	262	+0 11 50	0,0237	26,10
213	+0 11 00	0,0205	23,00	263	+0 10 40	0,0193	26,30
214	+0 23 00	0,0895	23,07	264	+0 18 00	0,0548	26,45
215	+0 0 30	0,0000	23,17	265	−0 8 20	0,0118	26,52
216	+0 28 00	0,1327	23,25	266	+0 46 40	0,3685	26,65
217	+0 11 50	0,0237	23,30	267	+0 7 20	0,0091	26,72
218	+0 4 30	0,0034	23,37	268	−0 7 40	0,0099	26,85
219	−0 11 10	0,0211	23,47	269	+0 15 30	0,0407	27,05
220	+0 34 10	0,1976	23,50	270	+0 9 20	0,0147	27,10
221	+0 23 20	0,0921	23,60	271	+0 24 30	0,1016	27,20
222	+0 5 50	0,0058	23,65	272	+0 11 30	0,0224	27,22
223	+0 29 50	0,1506	23,70	273	+0 5 20	0,0048	27,17
224	−0 12 50	0,0279	23,80	274	+0 9 20	0,0147	27,35
225	+0 43 40	0,3227	23,90	275	+0 16 30	0,0461	27,45
226	−0 11 20	0,0217	23,97	276	+0 8 50	0,0132	27,57
227	+0 17 00	0,0489	24,10	277	+0 22 40	0,0869	27,72
228	+0 10 30	0,0187	24,15	278	+0 36 10	0,2214	27,90
229	+0 18 00	0,0548	24,27	279	+0 11 20	0,0217	27,77
230	−0 4 00	0,0027	24,35	280	+0 5 50	0,0051	27,75
231	+0 30 00	0,1723	24,42	281	−0 1 20	0,0003	27,77
232	−0 3 50	0,0025	24,50	282	+0 41 50	0,2962	27,80
233	+0 21 50	0,0807	24,62	283	+0 16 30	0,0461	27,75
234	+0 28 40	0,1391	24,75	284	+0 9 20	0,0147	27,85
235	−0 11 40	0,0230	24,87	285	+0 48 00	0,3899	27,87
236	+0 8 30	0,0122	24,95	286	−0 1 50	0,0006	27,95
237	+0 5 20	0,0048	25,10	287	+0 6 20	0,0068	27,97
238	+0 26 00	0,1144	25,15	288	−0 3 40	0,0023	28,20
239	+0 13 30	0,0308	25,17	289	+0 27 30	0,1280	28,27
240	+0 7 50	0,0104	25,25	290	+0 49 20	0,4119	28,42
241	−0 5 10	0,0045	25,30	291	+0 14 20	0,0348	28,60
242	+0 18 00	0,0548	25,32	292	−0 4 50	0,0040	28,67
243	+0 23 20	0,0921	25,32	293	+0 6 20	0,0068	28,72
244	+0 9 50	0,0164	25,32	294	+0 7 00	0,0083	28,75
245	+0 33 00	0,1843	25,35	295	+0 10 40	0,0193	28,77
246	−0 15 00	0,0381	25,37	296	+0 24 10	0,0988	28,90
247	+0 28 30	0,1375	25,45	297	+0 18 20	0,0569	29,02
248	+0 9 10	0,0142	25,50	298	+0 11 10	0,0211	29,15
249	+0 40 30	0,2776	25,55	299	+0 36 30	0,2255	29,22
250	−0 10 00	0,0169	25,57	300	+0 16 10	0,0442	29,40
$50\,F_{t_R}$		3,5116	1197,10	$50\,F_{t_R}$		3,8283	1367,86

$$[c'] = 7^{mm},5399$$
$$[t'] = 2564^{G},96$$
$$d = -0^{m},0003$$

Base B. **DIA 4.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	l'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}l'$	t'	Posiciones de la regla	l'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}l'$	t'
	o ′ ″	mm	G		o ′ ″	mm	G 10
301	−0 0 10	0,0000	18,72	351	+0 20 20	0,0700	26,22
302	+0 16 10	0,0442	18,80	352	+0 4 40	0,0037	26,35
303	+0 42 20	0,3093	18,90	353	+0 17 10	0,0499	26,42
304	−0 12 40	0,0272	19,02	354	+0 17 20	0,0508	26,50
305	+0 13 50	0,0324	19,07	355	+0 11 40	0,0230	26,57
306	+0 14 50	0,0372	19,12	356	+0 31 00	0,1626	26,67
307	+0 46 00	0,3581	19,25	357	−0 1 40	0,0005	26,92
308	−0 11 20	0,0217	19,30	358	+0 37 40	0,2401	27,00
309	+0 18 00	0,0548	19,37	359	+0 12 40	0,0272	27,05
310	+0 15 50	0,0424	19,47	360	+0 19 40	0,0655	27,15
311	+0 17 40	0,0528	19,62	361	+0 9 50	0,0164	27,25
312	+0 13 30	0,0308	19,70	362	+0 38 20	0,2487	27,37
313	+0 27 00	0,1234	19,77	363	−0 4 30	0,0034	27,52
314	+0 6 20	0,0068	19,90	364	+0 38 40	0,2530	27,67
315	+0 26 40	0,1203	20,02	365	+0 13 10	0,0293	27,80
316	+0 9 30	0,0153	20,20	366	+0 10 00	0,0169	27,90
317	−0 5 00	0,0042	20,35	367	+0 39 20	0,2618	27,97
318	+0 9 00	0,0137	20,52	368	+0 6 00	0,0061	28,07
319	+0 7 40	0,0099	20,62	369	+0 39 40	0,2663	28,20
320	+0 37 50	0,2422	20,65	370	+0 23 40	0,0948	28,35
321	+0 7 30	0,0095	20,70	371	+0 28 00	0,1327	28,47
322	+0 11 20	0,0217	20,82	372	+0 15 50	0,0424	28,57
323	+0 33 10	0,1862	21,00	373	+0 25 20	0,1086	28,60
324	−0 9 00	0,0137	21,20	374	−0 6 20	0,0068	28,80
325	+0 39 10	0,2596	21,60	375	+0 25 10	0,1072	28,92
326	+0 3 10	0,0017	21,82	376	+0 13 10	0,0293	29,15
327	+0 23 40	0,0948	22,02	377	−0 0 20	0,0000	29,30
328	+0 13 20	0,0301	22,22	378	+0 40 00	0,2708	29,40
329	+0 28 00	0,1327	22,47	379	+0 5 50	0,0058	29,42
330	−0 1 50	0,0006	22,65	380	+0 46 20	0,3633	29,40
331	+0 14 00	0,0332	22,90	381	+0 1 20	0,0003	29,40
332	+0 9 00	0,0137	23,12	382	+0 35 30	0,2133	29,52
333	+0 28 30	0,1375	23,32	383	−0 2 30	0,0011	29,57
334	+0 34 50	0,2053	23,55	384	+0 19 20	0,0633	29,57
335	−0 19 20	0,0633	23,77	385	−0 4 10	0,0029	29,70
336	+0 37 50	0,2422	23,95	386	+0 14 40	0,0364	29,52
337	+0 2 20	0,0009	24,17	387	+0 20 40	0,0723	29,72
338	+0 26 30	0,1188	24,32	388	+0 14 00	0,0332	29,95
339	−0 0 50	0,0001	24,40	389	+0 18 40	0,0590	30,10
340	+0 44 20	0,3326	24,57	390	+0 25 50	0,1129	30,07
341	−0 13 00	0,0286	24,70	391	+0 34 30	0,2014	30,25
342	+0 38 10	0,2465	24,92	392	+0 3 40	0,0023	30,40
343	+0 15 00	0,0381	25,02	393	+0 25 10	0,1072	30,42
344	+0 18 40	0,0590	25,22	394	+0 25 50	0,1129	30,22
345	+0 6 50	0,0079	25,32	395	+0 20 00	0,0677	30,22
346	+0 8 20	0,0118	25,50	396	−0 15 40	0,0415	30,27
347	+0 16 10	0,0442	25,60	397	+0 25 30	0,1100	30,45
348	+0 24 50	0,1044	25,72	398	+0 9 00	0,0137	30,65
349	+0 16 40	0,0470	25,87	399	+0 17 30	0,0518	31,67
350	+0 27 40	0,1295	25,95	400	+0 32 30	0,1787	
$50\,F_{t_R}$		4,1559	1100,76	$50\,F_{t_R}$		4,4388	1432,75

$$[c'] = 8^{mm},5947$$
$$[t'] = 2533^{G},51$$
$$d = -0^{m},0016$$

Base B. **DIA 5.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I′	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'	Posiciones de la regla	I′	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	l'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
401	−0 7 20	0,0091	20,75	451	+0 35 50	0,2172	25,02
402	+0 26 30	0,1188	20,77	452	+0 15 30	0,0407	25,27
403	+0 43 00	0,3129	20,82	453	+0 16 30	0,0461	25,32
404	+0 3 40	0,0023	20,82	454	+0 12 00	0,0244	25,47
405	+0 12 20	0,0257	20,85	455	+0 9 40	0,0158	25,57
406	+0 18 50	0,0600	20,87	456	+0 56 00	0,5307	25,67
407	+0 21 50	0,0807	20,85	457	+0 2 40	0,0012	25,82
408	−0 2 20	0,0009	20,87	458	+0 16 40	0,0470	25,82
409	+0 28 40	0,1391	20,80	459	+0 6 10	0,0064	25,97
410	+0 23 30	0,0935	20,82	460	+0 35 40	0,2153	26,17
411	+0 24 20	0,1002	20,85	461	+0 8 20	0,0118	26,72
412	+0 8 40	0,0127	20,87	462	+0 21 30	0,0782	26,82
413	+0 8 30	0,0122	20,85	463	+0 1 30	0,0004	26,85
414	+0 36 40	0,2275	20,87	464	+0 16 40	0,0470	26,90
415	+0 6 20	0,0068	20,92	465	+0 20 20	0,0700	26,97
416	+0 15 50	0,0424	20,97	466	+0 21 10	0,0758	27,05
417	+0 23 10	0,0908	21,00	467	+0 16 10	0,0442	27,07
418	+0 21 00	0,0746	21,05	468	+0 7 30	0,0095	27,07
419	+0 14 40	0,0364	21,12	469	+0 30 50	0,1619	27,15
420	+0 29 50	0,1506	21,20	470	+0 11 30	0,0224	27,27
421	+0 10 30	0,0187	21,27	471	+0 24 40	0,1030	27,32
422	+0 11 40	0,0230	21,32	472	+0 11 50	0,0237	27,47
423	+0 24 00	0,0975	21,42	473	+0 33 50	0,1937	27,57
424	+0 13 50	0,0324	21,52	474	−0 5 50	0,0038	27,65
425	+0 24 30	0,1016	21,65	475	+0 41 00	0,2845	27,77
426	+0 19 00	0,0611	21,75	476	+0 10 00	0,0169	27,92
427	+0 27 40	0,1295	21,87	477	+0 8 50	0,0132	27,97
428	+0 6 20	0,0068	21,97	478	+0 34 10	0,1976	28,07
429	+0 26 40	0,1203	22,05	479	−0 10 20	0,0181	28,12
430	+0 4 30	0,0034	22,12	480	+0 46 20	0,3633	28,22
431	+0 16 30	0,0461	22,25	481	+0 10 00	0,0169	28,40
432	+0 27 10	0,1249	22,32	482	+0 16 40	0,0470	28,57
433	+0 19 00	0,0611	22,42	483	+0 11 10	0,0211	28,70
434	+0 34 50	0,2053	22,52	484	+0 32 50	0,1824	28,67
435	−0 4 40	0,0037	22,65	485	−0 6 40	0,0075	28,50
436	+0 50 30	0,4316	22,82	486	+0 27 10	0,1249	28,37
437	−0 13 00	0,0286	22,90	487	+0 26 10	0,1159	28,47
438	+0 14 30	0,0356	23,07	488	+0 6 20	0,0068	28,55
439	+0 5 40	0,0054	23,22	489	+0 32 50	0,1824	28,72
440	+0 35 30	0,2133	23,40	490	+0 15 00	0,0381	28,87
441	+0 7 10	0,0087	23,55	491	+0 48 20	0,3953	29,07
442	+0 14 10	0,0340	23,62	492	+0 22 30	0,0857	29,27
443	+0 13 30	0,0308	23,80	493	+0 30 50	0,1609	29,55
444	+0 18 00	0,0548	23,97	494	+0 0 40	0,0001	29,80
445	+0 27 00	0,1234	24,10	495	+0 20 50	0,0735	29,95
446	+0 29 30	0,1473	24,25	496	+0 6 40	0,0075	29,90
447	+0 35 00	0,2073	24,50	497	+0 22 00	0,0819	29,92
448	+0 18 40	0,0590	24,57	498	+0 51 20	0,4459	29,90
449	+0 8 00	0,0108	24,77	499	+0 2 00	0,0007	29,90
450	+0 9 50	0,0164	24,92	500	+0 56 30	0,5402	30,52
$50\,F_{t_R}$		4,0396	1104,48	$50\,F_{t_R}$		5,4196	1387,65

$$[c'] = 9^{mm},4592$$
$$[l'] = 2492^{G},13$$
$$d = +0^{m},0074$$

Base B. **REGLA G.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I'			$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'			$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
501	+0	18	20	0,0569	23,05	546	+0	15	00	0,0381	26,12
502	+0	4	00	0,0027	23,07	547	−0	4	30	0,0034	26,32
503	−0	15	20	0,0398	23,12	548	+0	41	20	0,2891	26,37
504	+0	32	00	0,1733	23,12	549	+0	6	40	0,0075	26,37
505	+0	26	30	0,1188	23,17	550	+0	11	30	0,0224	26,72
506	+0	10	40	0,0193	23,25	551	+0	31	30	0,1679	26,77
507	+0	26	50	0,1219	23,25	552	+0	23	50	0,0961	26,95
508	+0	6	30	0,0072	23,32	553	−0	4	00	0,0027	27,17
509	+0	8	20	0,0118	23,37	554	+0	9	00	0,0137	27,42
510	+0	28	00	0,1327	23,40	555	+0	19	30	0,0644	27,60
511	+0	9	20	0,0147	23,45	556	+0	47	20	0,3791	27,80
512	+0	43	40	0,3227	23,55	557	−0	2	40	0,0012	27,95
513	−0	4	10	0,0029	23,55	558	−0	15	20	0,0398	28,07
514	+0	0	40	0,0001	23,55	559	+0	53	30	0,5402	28,32
515	+0	18	30	0,0579	23,55	560	+0	13	40	0,0316	28,45
516	+0	5	40	0,0054	23,60	561	+0	12	20	0,0257	28,50
517	+0	31	40	0,1667	23,62	562	+0	24	10	0,0988	28,42
518	+0	27	30	0,1280	23,75	563	−0	7	30	0,0095	28,15
519	−0	6	30	0,0072	23,75	564	+0	30	40	0,1592	28,02
520	+0	22	50	0,0882	23,77	565	−0	11	20	0,0217	28,02
521	−0	2	10	0,0008	23,90	566	−0	4	10	0,0029	28,00
522	+0	5	30	0,0051	23,97	567	+0	32	10	0,1751	27,92
523	+0	30	30	0,1574	24,10	568	−0	18	20	0,0569	27,92
524	+0	10	10	0,0175	24,20	569	−0	30	20	0,1557	28,00
525	+0	1	00	0,0002	24,37	570	+0	7	40	0,0099	27,97
526	+0	33	30	0,1899	24,55	571	−0	24	00	0,0975	27,92
527	+0	10	00	0,0169	24,65	572	−0	29	00	0,1423	27,80
528	+0	8	10	0,0113	24,80	573	−0	20	40	0,0723	27,90
529	+0	36	40	0,2275	24,87	574	−0	19	40	0,0655	27,97
530	−0	14	10	0,0310	25,02	575	−0	24	00	0,0975	28,30
531	+0	21	20	0,0770	25,32	576	−0	23	40	0,0948	28,72
532	+0	7	40	0,0099	25,47	577	−0	42	50	0,3105	28,92
533	+0	4	50	0,0040	25,60	578	−0	11	50	0,0237	29,10
534	+0	48	10	0,3926	25,72	579	−0	33	00	0,1843	29,30
535	+0	16	40	0,0470	25,80	580	−0	38	50	0,2552	29,25
536	+0	8	50	0,0132	25,92	581	−0	10	50	0,0199	29,02
537	+0	20	00	0,0677	26,05	582	−0	23	40	0,0948	28,90
538	+0	19	10	0,0622	26,05	583	−0	36	30	0,2255	28,85
539	+0	18	20	0,0569	26,05	584	−0	18	50	0,0600	28,85
540	+0	16	40	0,0470	26,07	585	−0	46	20	0,3653	29,12
541	−0	6	30	0,0072	26,12	586	−0	16	00	0,0433	29,45
542	+0	18	40	0,0590	26,17	587	−0	38	20	0,2487	29,47
543	+0	13	40	0,0316	26,17	588	−0	40	40	0,2799	29,85
544	+0	4	00	0,0027	26,15	589	−0	28	00	0,1327	30,42
545	+0	33	00	0,1843	26,15	590*	+1	21	20	0,8303	30,40
$45\,F_{t_R}$				3,2041	1101,50	$44\,F_{t_R}$				6,0546	1238,23

$$[c'] = 9^{mm},2587$$

$$[t'] = 2539^{G},73$$

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $2^m,9668$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

Hechos los correspondientes cálculos numéricos [(2), (4), (7), (34)] resulta:

Base B.

Dias.	1.ª medicion.	2.ª medicion.	1.ª — 2.ª
	m	m	m
1	400,0075	400,0072	+ 0,0003
2	400,0699	400,0697	+ 0,0002
3	400,0670	400,0671	— 0,0001
4	400,0639	400,0632	+ 0,0007
5	400,0690	400,0695	— 0,0005
6	359,0271	359,0271	0,0000
	2359,3044	2359,3038	+ 0,0006

Promedio ... $B = 2359^{m},3041$.

El *error probable* debido á la primera causa [(5)], será:

$$\pm 0^{mm},768,$$

el que proviene de la segunda [(36)]:

$$\pm 0^{mm},021,$$

y el correspondiente á la tercera [(37)]:

$$\pm 0^{mm},048.$$

Siendo, por consiguiente, el *error probable* [(38)] de la base B:

$$\pm 0^{mm},770$$

ó bien:

(40) $\pm$ 0,000000326 de la longitud medida.

Ocho dias se invirtieron en medir dos veces una distancia de 1664 metros que era la longitud de la base C.

Los ocho *Estados* que siguen contienen los datos necesarios para calcular el resultado de ambas mediciones.

Base C. **DIA 1.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I	$c = \frac{1}{8000}\text{sen}^2\frac{1}{2}\text{I}$	t
	° ′ ″	mm	G
1	−0 17 00	0,0489	15,37
2	+0 6 10	0,0064	15,12
3	−0 11 40	0,0230	14,87
4	−0 16 30	0,0461	14,72
5	−0 7 10	0,0087	14,25
6	+0 5 30	0,0051	14,37
7	−0 17 30	0,0518	14,45
8	−0 17 00	0,0489	14,92
9	+0 14 30	0,0356	15,15
10	+0 3 10	0,0017	15,35
11	+0 1 10	0,0002	15,60
12	−0 25 00	0,1058	15,92
13	+0 22 10	0,0832	16,25
14	−0 18 40	0,0590	16,63
15	−0 11 30	0,0224	16,90
16	−0 15 30	0,0407	17,15
17	+0 10 50	0,0199	17,30
18	+0 9 20	0,0147	17,52
19	−0 24 00	0,0975	17,80
20	−0 6 30	0,0072	18,07
21	+0 13 40	0,0316	18,27
22	−0 10 40	0,0193	18,47
23	−0 6 10	0,0064	18,70
24	+0 23 10	0,0908	18,92
25	−0 24 20	0,1002	19,10
26	−0 9 40	0,0158	19,30
27	−0 14 20	0,0348	19,42
28	+0 15 00	0,0381	19,62
29	+0 7 40	0,0099	19,85
30	−0 14 50	0,0372	20,00
31	−0 3 00	0,0015	20,22
32	−0 14 10	0,0340	20,35
33	+0 31 00	0,1626	20,47
34	−0 18 30	0,0579	21,17
35	−0 11 40	0,0230	21,22
36	−0 6 30	0,0072	21,35
37	+0 13 00	0,0286	21,55
38	−0 35 00	0,2073	21,77
39	−0 13 00	0,0286	21,85
40	−0 1 20	0,0003	21,90
41	−0 5 30	0,0051	21,95
42	+0 1 20	0,0003	22,02
43	−0 5 10	0,0045	22,10
44	+0 16 20	0,0451	22,20
45	−0 31 10	0,1644	22,25
46	−0 12 40	0,0272	22,42
47	−0 14 30	0,0356	22,62
48	−0 3 50	0,0025	22,80
49	−0 17 00	0,0489	22,90
50	+0 8 10	0,0113	22,90
50 F_{t_R}		2,0068	945,36

Posiciones de la regla	I	$c = \frac{1}{8000}\text{sen}^2\frac{1}{2}\text{I}$	t
	° ′ ″	mm	G
51	+0 4 20	0,0032	22,90
52	−0 0 20	0,9000	22,97
53	+0 20 40	0,0723	23,02
54	−0 1 50	0,0006	23,07
55	−0 1 00	0,0002	23,20
56	−0 19 00	0,0611	23,22
57	−0 3 30	0,0021	23,27
58	+0 6 50	0,0079	23,32
59	−0 45 50	0,3555	23,32
60	+0 9 50	0,0164	23,37
61	+0 9 00	0,0137	23,55
62	−0 8 50	0,0132	23,62
63	+0 6 10	0,0064	23,85
64	+0 5 30	0,0051	23,97
65	−0 16 10	0,0442	24,22
66	−0 5 10	0,0045	24,40
67	−0 32 10	0,1751	24,50
68	+0 24 10	0,0988	24,62
69	−0 12 30	0,0264	24,72
70	+0 0 50	0,0001	24,97
71	−0 18 10	0,0559	25,15
72	−0 0 40	0,0001	25,25
73	+0 9 20	0,0147	25,42
74	−0 15 40	0,0415	25,55
75	+0 0 50	0,0001	25,72
76	+0 11 10	0,0211	26,00
77	−0 0 10	0,0000	26,15
78	−0 22 50	0,0882	26,37
79	−0 13 00	0,0286	26,57
80	−0 1 00	0,0002	26,65
81	+0 0 10	0,0000	26,82
82	−0 3 00	0,0015	27,05
83	−0 0 40	0,0001	27,10
84	+0 21 40	0,0794	27,05
85	−0 12 10	0,0251	27,27
86	−0 23 00	0,0895	27,50
87	+0 20 50	0,0735	28,67
88	−0 15 50	0,0424	28,62
89	+0 6 10	0,0064	28,52
90	+0 20 00	0,0677	28,47
91	−0 10 10	0,0175	28,45
92	+0 34 20	0,1995	28,35
93	+0 2 40	0,0012	28,40
94	+0 25 50	0,1129	28,57
95	−0 19 50	0,0666	28,47
96	−0 3 10	0,0017	28,45
97	−0 23 10	0,0908	28,32
98	+0 12 40	0,0272	28,12
99	+0 14 20	0,0348	26,50
100	+0 1 40	0,0005	26,45
50 F_{t_R}		2,0955	1290,16

$$[c] = 4^{\text{mm}},1023$$

$$[t] = 2235^{\text{G}},52$$

Base C. **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000 \operatorname{sen}^2 \frac{1}{2} I$	t
	°	′	″	mm	G		°	′	″	mm	G
101	−0	25	40	0,1115	15,85	151	+0	8	20	0,0118	16,62
102	+0	8	40	0,0127	15,67	152	+0	10	10	0,0175	16,70
103	−0	25	00	0,1058	15,57	153	−0	13	10	0,0293	16,80
104	−0	1	50	0,0006	15,50	154	+0	0	30	0,0000	16,82
105	−0	6	00	0,0061	15,42	155	+0	1	10	0,0002	16,87
106	+0	5	50	0,0058	15,37	156	+0	16	50	0,0480	17,00
107	+0	4	40	0,0037	15,30	157	−0	28	20	0,1359	17,10
108	−0	0	50	0,0001	15,27	158	+0	5	50	0,0058	17,17
109	+0	11	30	0,0224	15,22	159	+0	4	40	0,0037	17,25
110	+0	16	20	0,0451	15,17	160	+0	17	50	0,0538	17,25
111	−0	14	00	0,0332	15,17	161	+0	5	20	0,0048	17,27
112	+0	9	20	0,0147	15,22	162	+0	1	50	0,0006	17,30
113	−0	4	10	0,0029	15,25	163	+0	17	20	0,0508	17,27
114	+0	8	00	0,0108	15,27	164	+0	6	50	0,0079	17,30
115	+0	8	40	0,0127	15,32	165	+0	9	50	0,0164	17,30
116	+0	8	30	0,0122	15,32	166	−0	6	40	0,0075	17,27
117	+0	5	40	0,0054	15,32	167	+0	20	50	0,0735	17,50
118	+0	5	50	0,0058	15,37	168	+0	23	20	0,0921	17,75
119	+0	10	10	0,0175	15,42	169	+0	28	40	0,1391	17,85
120	−0	6	30	0,0072	15,50	170	+0	54	50	0,5088	18,07
121	−0	10	00	0,0169	15,52	171	+1	43	50	1,8244	18,27
122	+0	40	00	0,2708	15,55	172	+1	2	40	0,6646	18,45
123	−0	1	30	0,0004	15,62	173	+0	51	40	0,4517	18,65
124	−0	4	30	0,0034	15,65	174	+0	47	20	0,3791	18,72
125	−0	11	20	0,0217	15,65	175	+0	59	50	0,6058	18,80
126	+0	17	20	0,0508	15,67	176	+1	19	10	1,0606	18,85
127	+0	23	40	0,0948	15,70	177	+0	36	00	0,2193	18,97
128	−0	9	40	0,0158	15,67	178	+1	9	50	0,8253	19,00
129	+0	27	20	0,1264	15,77	179	+1	5	40	0,7297	18,97
130	+0	6	10	0,0064	15,85	180	+0	55	10	0,5150	18,92
131	−0	16	10	0,0442	15,87	181	+1	9	10	0,8096	18,90
132	−0	14	20	0,0348	15,95	182	+1	19	50	1,0785	18,97
133	0	0	00	0,0000	15,97	183	+0	56	40	0,5434	19,12
134	+0	18	00	0,0548	16,02	184	+0	51	00	0,4402	19,22
135	+0	2	50	0,0014	16,07	185	+0	46	50	0,3712	19,42
136	−0	6	20	0,0068	16,10	186	+1	3	40	0,6860	19,65
137	−0	3	30	0,0021	16,15	187	+0	42	50	0,3105	19,82
138	−0	0	40	0,0001	16,12	188	+1	17	40	1,0208	20,02
139	−0	2	40	0,0012	16,17	189	+1	20	00	1,0830	20,12
140	+0	13	10	0,0293	16,20	190	+0	45	10	0,3452	20,12
141	−0	5	30	0,0051	16,20	191	+0	49	20	0,4119	20,10
142	+0	1	40	0,0005	16,20	192	+1	29	10	1,3454	20,22
143	−0	2	10	0,0008	16,20	193	+1	28	50	1,3354	20,45
144	+0	12	30	0,0264	16,22	194	+0	30	50	0,1609	20,52
145	+0	0	20	0,0000	16,25	195	+0	52	20	0,4635	20,70
146	+0	10	50	0,0199	16,30	196	+1	16	30	0,9903	20,97
147	+0	1	40	0,0005	16,37	197	+1	12	00	0,8773	21,12
148	+0	14	20	0,0348	16,45	198	+0	49	20	0,4119	21,15
149	+0	0	20	0,0000	16,47	199	+1	0	10	0,6126	20,25
150	+0	17	40	0,0528	16,55	200	+1	20	50	1,1057	19,82
50 F_{t_R}				1,3591	787,98	50 F_{t_R}				22,8863	932,72

$$[c] = 24^{mm},2454$$

$$[t] = 1720^{G},70$$

Base C. **DIA 3.** **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla	I			$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	o	′	″	mm	G		o	′	″	mm	G
201	+0	26	20	0,1174	15,20	251	+1	13	00	0,9018	20,02
202	+1	22	40	1,1564	15,25	252	+0	57	30	0,5595	19,95
203	+1	11	20	0,8611	15,22	253	+0	50	40	0,4344	19,97
204	+1	5	20	0,7223	15,20	254	+1	17	00	1,0033	20,07
205	+0	45	50	0,3555	15,22	255	+0	57	40	0,5628	20,20
206	+1	4	10	0,6968	15,30	256	+1	27	30	1,2956	20,32
207	+1	10	50	0,8491	15,85	257	+1	36	20	1,5704	20,37
208	+1	10	40	0,8451	16,65	258	+2	12	40	2,9782	20,60
209	+1	6	50	0,7559	16,72	259	+1	37	00	1,5922	20,75
210	+1	13	00	0,9018	16,80	260	+1	50	40	2,0724	20,87
211	+1	23	20	1,1752	16,72	261	+2	10	10	2,8670	21,10
212	+0	28	30	0,1375	16,65	262	+2	0	30	2,4570	20,92
213	+0	34	40	0,2034	16,62	263	+2	17	50	3,2146	20,95
214	+1	9	00	0,8057	16,80	264	+2	8	30	2,7941	20,90
215	+1	9	10	0,8096	17,07	265	+1	36	20	1,5704	20,95
216	+0	48	10	0,3926	17,27	266	+2	6	00	2,6864	20,90
217	+1	13	00	0,9018	17,62	267	+2	7	00	2,7292	20,87
218	+1	21	00	1,1103	17,80	268	+2	27	40	3,6896	20,90
219	+1	10	00	0,8292	17,92	269	+1	47	00	1,9374	20,82
220	+0	45	00	0,3427	18,05	270	+2	0	30	2,4570	21,72
221	+0	42	20	0,3033	18,20	271	+1	50	40	2,0724	21,72
222	+1	16	50	0,9990	18,32	272	+1	43	20	1,8069	21,70
223	+0	27	00	0,1234	18,45	273	+1	50	00	2,0475	21,80
224	+0	33	10	0,1862	18,55	274	+2	13	50	3,0308	21,90
225	+0	58	40	0,5824	18,60	275	+1	20	00	1,0830	21,80
226	+1	38	20	1,6363	18,62	276	+1	46	20	1,9133	21,57
227	+1	3	20	0,6788	18,72	277	+1	56	00	2,2770	21,47
228	+0	59	20	0,5958	18,85	278	+1	47	20	1,9495	21,52
229	+0	39	20	0,2618	19,00	279	+2	7	00	2,7292	21,57
230	+1	11	10	0,8771	19,07	280	+2	5	20	2,6581	21,57
231	+1	1	20	0,6366	19,10	281	+2	2	10	2,5255	21,50
232	+0	50	20	0,4287	19,05	282	+1	45	10	1,8716	21,60
233	+0	45	50	0,3555	19,07	283	+1	40	50	1,7205	21,67
234	+1	1	20	0,6366	19,10	284	+1	53	50	2,1927	21,85
235	+0	56	10	0,5339	19,12	285	+1	59	10	2,4030	22,00
236	+1	6	50	0,7559	19,17	286	+1	37	10	1,5977	22,07
237	+0	46	00	0,3581	19,20	287	+1	40	20	1,7035	22,02
238	+1	20	20	1,0921	19,30	288	+1	52	50	2,1544	22,07
239	+1	32	10	1,4375	19,40	289	+2	15	40	3,1144	22,25
240	+1	20	40	1,1012	19,55	290	+1	56	40	2,3032	22,30
241	+0	43	20	0,3178	19,60	291	+2	6	00	2,6864	22,47
242	+0	49	40	0,4175	19,60	292	+1	54	40	2,2249	22,47
243	+0	55	50	0,5275	19,60	293	+2	4	40	2,6299	22,55
244	+1	14	00	0,9267	19,57	294	+1	45	40	1,8894	22,52
245	+0	51	10	0,4430	19,55	295	+1	38	30	1,6418	22,77
246	+1	4	40	0,7077	19,60	296	+2	1	50	2,5117	23,20
247	+0	54	40	0,5057	19,67	297	+1	45	40	1,8894	23,27
248	+1	21	10	1,1149	19,77	298	+1	49	50	2,0413	23,05
249	+0	44	00	0,3276	19,80	299	+1	40	20	1,7035	22,47
250	+1	21	50	1,1332	19,92	300	+2	25	50	3,5986	21,85
$50\,F_{t_R}$				33,9512	905,05	$50\,F_{t_R}$				105,3444	1075,72

$$[c] = 139^{mm},2956$$

$$[t] = 1980^{G},77$$

Base C. **1.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I	$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t	Posiciones de la regla	I	$c = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}\mathrm{I}$	t
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
301	+1 7 20	0,7672	13,20	360	+1 6 10	0.7409	17,92
302	+2 2 20	2,5324	13,10	361	+1 31 50	1,4271	17,90
303	+2 31 40	3,8922	13,00	362	+1 9 50	0,8253	17,92
304	+1 47 20	1,9495	12,85	363	+1 26 20	1,2613	17,95
305	+1 49 00	2,0105	12,80	364	+1 1 50	0,6470	17,95
306	+1 47 20	1,9495	12,72	365	+1 12 20	0,8854	18,00
307	+1 35 50	1,5541	12,67	366	+1 24 00	1,1940	17,95
308	+1 58 40	2,3828	12,67	367	+1 21 50	1,1332	17,95
309	+2 0 00	2,4367	12,77	368	+1 28 20	1,3204	18,02
310	+1 51 00	2,0849	12,85	369	+1 56 20	2,2901	18,12
311	+1 57 00	2,3164	12,87	370	+1 14 00	0,9267	18,20
312	+1 44 30	1,8479	12,90	371	+1 36 50	1,5867	18,22
313	+2 12 40	2,9782	13,02	372	+1 30 20	1,3809	18,22
314	+2 11 40	2,9235	13,10	373	+1 22 00	1,1379	18,30
315	+1 53 20	2,1735	13,12	374	+1 16 20	0,9860	18,32
316	+1 44 20	1,8420	13,22	375	+0 44 10	0,3301	18,22
317	+2 2 40	2,5462	13,30	376	+0 29 00	0,1423	18,22
318	+1 50 40	2,0724	13,37	377	+0 25 10	0,1072	18,12
319	+1 57 50	2,3495	13,42	378	+0 17 00	0,0489	18,15
320	+1 44 30	1,8479	13,62	379	+0 44 20	0,3326	18,15
321	+1 44 30	1,8479	13,67	380	+0 17 20	0,0508	18,27
322	+1 57 20	2,3296	13,82	381	+0 42 00	0,2985	18,27
323	+1 45 30	1,8834	13,97	382	+0 26 00	0,1144	18,30
324	+2 7 00	2,7292	14,10	383	+0 51 10	0,4430	18,32
325	+2 23 30	3,4844	14,20	384	+0 31 50	0,1715	18,40
326	+1 37 00	1,5922	14,32	385	+0 40 50	0,2822	18,47
327	+1 48 00	1,9738	14,45	386	+0 11 50	0,0237	18,50
328	+1 14 20	0,9350	14,52	387	+0 44 30	0,3351	18,50
329	+1 22 00	1,1379	14,70	388	+0 31 10	0,1644	18,45
330	+1 23 00	1,1658	14,80	389	+0 27 40	0,1295	18,45
331	+1 6 50	0,7559	14,87	390	+0 38 10	0,2465	18,45
332	+1 34 20	1,5059	14,97	391	+0 59 40	0,6025	18,42
333	+1 9 50	0,8253	15,10	392	+0 28 40	0,1391	18,42
334	+1 33 40	1,4847	15,27	393	+0 22 20	0,0844	18,45
335	+1 15 40	0,9689	15,42	394	+0 22 10	0,0832	18,35
336	+1 20 30	1,0966	15,50	395	+0 36 50	0,2296	18,37
337	+1 14 30	0,9392	15,65	396	+0 40 40	0,2799	18,42
338	+1 10 10	0,8382	15,80	397	+0 40 20	0,2758	18,52
339	+1 5 30	0,7260	15,85	398	+0 13 30	0,0308	18,62
340	+1 21 10	1,1149	15,85	399	+0 50 00	0,4231	18,80
341	+1 31 10	1,4065	15,77	400	+0 38 10	0,2465	18,87
342	+1 27 20	1,2907	15,65	401	+0 27 20	0,1264	18,75
343	+1 26 10	1,2564	15,70	402	+0 43 20	0,3178	18,72
344	+1 31 20	1,4116	15,77	403	+0 22 00	0,0819	18,55
345	+1 48 50	2,0043	15,82	404	+0 27 50	0,1311	18,55
346	+1 16 20	0,9860	16,55	405	+0 30 20	0,1557	18,45
347	+0 55 10	0,5150	18,20	406	+0 33 00	0,1843	18,45
348	+0 52 20	0,4635	19,05	407	+0 20 10	0,0688	18,42
349	+1 44 00	1,8303	19,17	408	+0 42 40	0,3081	18,45
350	+1 32 50	1,4584	18,90	409	+0 27 50	0,1311	18,47
351	+1 37 50	1,6197	18,77	410	+0 18 10	0,0559	18,47
352	+2 10 00	2,8597	18,60	411	+0 49 50	0,4203	18,50
353	+1 28 10	1,3154	18,20	412	+0 44 20	0,3326	18,62
354	+0 52 40	0,4694	18,17	413	+0 50 20	0,4287	18,70
355	+1 25 20	1,2322	18,17	414	+0 25 30	0,1100	19,75
356	+1 1 10	0,6331	18,05	415	+0 49 30	0,4147	19,75
357	+1 26 20	1,2613	18,02	416*	−0 2 00	0,0005	*19,65
358	+1 41 50	1,7548	17,92	417**	+0 58 30	0,2350	**19,90
359	+1 31 50	1,4271	17,87				
59 F_{t_R}		98,9925	891,75	56 F_{t_R}		26,8609	1030,02

$[c] = 125^{mm},8534$ $[t] = 1921^{G},77$

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $3^{m},0$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

** En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $1^{m},6230$.

Base C. **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla.	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla.	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
1	−0 21 20	0,0770	16,15	51	−0 5 20	0,0048	17,25
2	−0 14 19	0,0340	16,15	52	+0 3 50	0,0025	17,35
3	+0 4 40	0,0037	16,07	53	+0 26 00	0,1144	17,35
4	−0 15 50	0,0424	16,05	54	+0 3 30	0,0021	17,40
5	−0 15 10	0,0389	16,05	55	−0 12 40	0,0272	17,40
6	+0 4 10	0,0029	16,02	56	−0 11 40	0,0230	17,45
7	−0 4 50	0,0040	16,02	57	−0 7 40	0,0099	17,47
8	−0 13 00	0,0286	15,97	58	−0 4 40	0,0037	17,57
9	+0 12 00	0,0244	15,80	59	−0 31 40	0,1697	17,62
10	−0 11 10	0,0211	15,80	60	+0 1 20	0,0003	17,70
11	+0 10 10	0,0175	15,82	61	+0 20 40	0,0723	17,80
12	−0 17 00	0,0489	15,85	62	−0 26 00	0,1144	17,80
13	+0 6 10	0,0064	15,85	63	+0 23 10	0,0908	17,80
14	−0 16 40	0,0470	15,77	64	−0 0 10	0,0000	17,80
15	+0 2 40	0,0012	15,77	65	−0 9 00	0,0137	17,82
16	−0 16 30	0,0461	15,80	66	−0 20 30	0,0711	17,87
17	−0 6 40	0,0075	15,87	67	+0 3 20	0,0019	17,95
18	+0 5 30	0,0051	15,87	68	+0 8 40	0,0127	18,02
19	+0 3 20	0,0019	15,85	69	−0 23 10	0,0908	18,12
20	−0 0 20	0,0000	15,87	70	+0 12 30	0,0264	18,15
21	−0 11 00	0,0205	15,95	71	−0 17 40	0,0528	18,25
22	−0 3 20	0,0019	15,95	72	−0 2 50	0,0014	18,30
23	−0 0 40	0,0001	16,07	73	+0 4 30	0,0034	18,35
24	+0 35 20	0,2113	16,07	74	−0 16 10	0,0442	18,42
25	+0 35 10	0,2093	16,07	75	+0 23 30	0,0935	18,50
26	−0 4 10	0,0029	16,17	76	+0 0 50	0,0001	18,65
27	−0 2 00	0,0007	16,22	77	−0 35 40	0,2153	18,67
28	+0 9 20	0,0147	16,27	78	+0 3 00	0,0015	18,72
29	−0 11 40	0,0230	16,27	79	+0 29 10	0,1440	18,82
30	−0 7 20	0,0091	16,37	80	−0 19 20	0,0633	18,85
31	+0 19 20	0,0633	16,45	81	+0 2 20	0,0009	18,95
32	−0 31 20	0,1661	16,47	82	−0 5 50	0,0058	19,02
33	+0 22 40	0,0869	16,50	83	+0 8 10	0,0113	19,02
34	−0 15 10	0,0389	16,57	84	+0 9 20	0,0147	19,10
35	−0 3 40	0,0023	16,62	85	−0 9 10	0,0142	19,15
36	−0 12 50	0,0279	16,67	86	−0 9 00	0,0137	19,42
37	+0 5 30	0,0051	16,72	87	+0 18 10	0,0559	19,57
38	−0 28 10	0,1343	16,77	88	−0 29 40	0,1489	19,65
39	−0 3 20	0,0019	16,85	89	+0 3 10	0,0017	19,72
40	−0 15 00	0,0381	16,87	90	+0 15 20	0,0398	19,77
41	−0 14 10	0,0340	16,87	91	+0 2 50	0,0014	19,97
42	+0 20 10	0,0688	16,90	92	−0 32 30	0,1787	20,10
43	−0 8 40	0,0127	16,95	93	−0 2 40	0,0012	20,22
44	+0 12 40	0,0272	16,97	94	+0 13 40	0,0816	20,27
45	−0 30 40	0,1592	17,02	95	−0 15 10	0,0389	20,45
46	−0 12 40	0,0272	17,07	96	−0 0 20	0,0000	20,60
47	−0 13 40	0,0316	17,07	97	−0 7 20	0,0091	20,75
48	−0 2 00	0,0007	17,10	98	−0 11 00	0,0205	20,80
49	−0 18 40	0,0590	17,15	99	+0 20 50	0,0735	20,92
50	+0 7 40	0,0099	17,20	100	+0 16 00	0,0483	21,70
$50\,F_{t_R}$		1,9472	816,60	$50\,F_{t_R}$		2,1763	938,37

$$[c'] = 4^{mm},1235$$
$$[t'] = 1754^{G},97$$
$$d = +0^{m},0210$$

Base C. **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\tfrac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\,\mathrm{sen}^2\tfrac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
101	−0 27 30	0,1280	14,67	151	+0 9 20	0,0147	17,72
102	+0 0 40	0,0001	14,62	152	+0 9 00	0,0137	17,92
103	−0 11 40	0,0230	14,62	153	−0 15 20	0,0398	18,05
104	−0 9 00	0,0137	14,60	154	+0 2 50	0,0014	18,12
105	+0 0 30	0,0000	14,60	155	+0 6 50	0,0079	18,22
106	−0 6 40	0,0075	14,65	156	+0 8 40	0,0127	18,32
107	+0 11 30	0,0224	14,65	157	−0 23 30	0,0935	18,37
108	+0 7 30	0,0095	14,65	158	+0 10 40	0,0193	18,47
109	+0 11 00	0,0205	14,65	159	+0 6 50	0,0079	18,55
110	+0 0 40	0,0001	14,65	160	+0 7 40	0,0099	18,67
111	−0 1 10	0,0002	14,67	161	+0 2 50	0,0014	18,70
112	+0 9 10	0,0142	14,65	162	+0 21 40	0,0794	18,80
113	−0 10 30	0,0187	14,65	163	+0 20 20	0,0700	18,90
114	+0 8 20	0,0118	14,72	164	−0 2 30	0,0011	18,97
115	+0 13 50	0,0324	14,72	165	−0 2 50	0,0014	19,07
116	+0 11 00	0,0205	14,77	166	+0 10 40	0,0193	19,17
117	+0 13 20	0,0301	14,80	167	+0 19 20	0,0633	19,32
118	+0 6 00	0,0061	14,85	168	+0 18 30	0,0579	19,42
119	+0 10 20	0,0181	14,95	169	+0 33 10	0,1862	19,45
120	−0 4 50	0,0040	14,97	170	+0 47 00	0,3738	19,42
121	−0 4 30	0,0034	15,00	171	+1 44 50	1,8597	19,42
122	+0 32 20	0,1769	15,15	172	+0 59 20	0,5958	19,30
123	+0 9 00	0,0137	15,20	173	+0 58 00	0,5693	19,27
124	−0 15 40	0,0415	15,22	174	+0 51 00	0,4402	19,32
125	−0 12 40	0,0272	15,35	175	+1 0 40	0,6228	19,32
126	+0 19 40	0,0655	15,40	176	+1 4 40	0,7077	19,42
127	+0 19 50	0,0666	15,47	177	+0 46 40	0,3685	19,47
128	−0 18 30	0,0579	15,60	178	+1 4 20	0,7004	19,57
129	+0 11 30	0,0224	15,67	179	+1 4 10	0,6968	19,65
130	+0 22 00	0,0819	15,77	180	+0 51 50	0,4547	19,81
131	−0 20 40	0,0723	15,90	181	+1 21 40	1,1286	19,90
132	−0 16 40	0,0470	16,05	182	+1 12 00	0,8773	20,05
133	+0 4 10	0,0029	16,12	183	+1 6 40	0,7521	20,05
134	+0 16 40	0,0470	16,17	184	+0 46 40	0,3685	20,17
135	+0 4 30	0,0034	16,30	185	+0 36 00	0,2193	20,20
136	−0 6 40	0,0075	16,35	186	+1 4 40	0,7077	20,27
137	−0 15 40	0,0415	16,47	187	+0 53 10	0,4784	20,35
138	+0 9 40	0,0158	16,52	188	+1 15 20	0,9604	20,40
139	+0 6 20	0,0068	16,57	189	+1 5 40	0,7297	20,42
140	+0 8 00	0,0108	16,72	190	+0 52 40	0,4694	20,52
141	−0 3 40	0,0023	16,75	191	+0 58 30	0,5791	20,57
142	+0 8 30	0,0122	16,80	192	+1 22 40	1,1564	20,62
143	−0 8 20	0,0118	16,90	193	+1 26 40	1,2711	20,67
144	+0 9 10	0,0142	16,92	194	+0 35 00	0,2073	20,85
145	+0 6 20	0,0068	17,07	195	+1 8 00	0,7825	20,87
146	+0 10 20	0,0181	17,17	196	+1 4 50	0,7113	20,82
147	+0 8 20	0,0193	17,25	197	+1 9 20	0,8135	20,85
148	−0 2 30	0,0019	17,35	198	+0 43 20	0,3178	20,95
149	−0 2 30	0,0011	17,52	199	+1 26 50	1,2759	21,07
150	+0 25 30	0,1100	17,52	200	+1 31 20	1,4116	21,85
50 F_{t_R}		1,3906	782,36	50 F_{t_R}		23,3084	979,62

$$[c'] = 24^{mm},6990$$
$$[t'] = 1761^{G},98$$
$$d = -0^{m},0012$$

Base C. **DIA 3.** **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'	Posiciones de la regla	I'	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}I'$	t'
	° ′ ″	mm	G		° ′ ″	mm	G
201	+0 2 00	0,0007	11,40	251	+1 12 30	0,8895	14,92
202	+1 7 50	0,7787	11,37	252	+1 11 10	0,8571	15,07
203	+1 17 50	1,0252	11,22	253	+1 0 20	0,6160	15,30
204	+0 58 50	0,5858	11,17	254	+0 46 20	0,3633	15,42
205	+0 55 50	0,5275	11,20	255	+1 21 00	1,1103	15,60
206	+0 56 00	0,5307	11,15	256	+1 32 50	1,4584	15,77
207	+1 14 40	0,9434	11,17	257	+1 23 00	1,1658	15,97
208	+1 10 20	0,8371	11,15	258	+2 4 40	2,6299	16,15
209	+1 7 40	0,7749	11,10	259	+1 58 00	2,3562	16,42
210	+1 0 00	0,6092	11,00	260	+1 40 20	1,7035	16,65
211	+1 29 10	1,3454	10,87	261	+2 7 00	2,7292	16,80
212	+0 44 40	0,3376	10,82	262	+2 9 50	2,8524	16,87
213	+0 25 00	0,1058	10,77	263	+2 24 00	3,5087	16,90
214	+1 10 40	0,8451	10,75	264	+1 58 50	2,3895	16,97
215	+1 0 50	0,6263	10,67	265	+1 37 40	1,6142	17,12
216	+1 1 40	0,6435	10,70	266	+2 11 00	2,9038	17,42
217	+1 8 20	0,7902	10,70	267	+2 20 40	3,3481	17,52
218	+1 15 50	0,9732	10,72	268	+2 0 50	2,4706	17,67
219	+1 18 50	1,0517	10,75	269	+1 52 20	2,1353	17,77
220	+0 49 30	0,4147	10,85	270	+2 2 10	2,5255	17,95
221	+0 19 50	0,0666	10,90	271	+1 56 40	2,3032	18,15
222	+1 14 50	0,9477	10,97	272	+1 36 40	1,5813	18,45
223	+0 58 20	0,5758	11,07	273	+1 52 50	2,1544	18,57
224	+0 12 40	0,0272	11,07	274	+2 12 40	2,9782	18,70
225	+1 1 00	0,6297	11,15	275	+1 26 30	1,2662	18,97
226	+1 28 20	1,3204	11,25	276	+1 32 00	1,4323	19,20
227	+1 24 20	1,2035	11,32	277	+2 7 10	2,7364	19,27
228	+0 46 40	0,3685	11,42	278	+1 49 50	2,0413	19,50
229	+0 37 50	0,2422	11,52	279	+2 2 50	2,5531	19,62
230	+1 11 10	0,8571	11,57	280	+1 52 50	2,1544	19,82
231	+1 13 50	0,9225	11,77	281	+1 47 20	1,9495	19,92
232	+0 33 00	0,1843	11,87	282	+2 8 50	2,8086	20,02
233	+0 37 30	0,2380	11,97	283	+1 57 10	2,3230	20,12
234	+1 27 40	1,3006	12,10	284	+1 38 30	1,6418	20,22
235	+0 49 40	0,4175	12,30	285	+2 0 20	2,4502	20,47
236	+1 2 40	0,6646	12,45	286	+1 49 40	2,0351	20,67
237	+0 41 30	0,2915	12,62	287	+1 26 50	1,2759	20,77
238	+1 28 40	1,3304	12,75	288	+1 56 50	2,3098	20,92
239	+1 36 30	1,5758	12,87	289	+2 16 40	3,1605	20,95
240	+1 3 20	0,6788	13,22	290	+1 52 00	2,1227	21,07
241	+0 55 00	0,5119	13,32	291	+2 3 20	2,5739	21,05
242	+0 53 20	0,4814	13,52	292	+1 37 20	1,6032	21,05
243	+0 52 20	0,4635	13,65	293	+2 14 30	3,0611	21,15
244	+1 5 50	0,7834	13,75	294	+1 59 10	2,4030	21,20
245	+1 4 00	0,6932	13,90	295	+1 43 20	1,8069	21,20
246	+0 55 20	0,5181	14,15	296	+1 53 20	2,1735	21,20
247	+1 4 20	0,7004	14,32	297	+1 54 30	2,2185	21,17
248	+0 55 10	0,5150	14,37	298	+1 42 20	1,7721	21,25
249	+1 2 50	0,6681	14,62	299	+1 34 40	1,5165	21,32
250	+1 8 30	0,7941	14,72	300	+2 34 00	4,0128	21,60
$50\,F_{t_R}$		33,6685	596,01	$50\,F_{t_R}$		106,0467	937,83

$$[c'] = 139^{mm},7152$$
$$[t'] = 1533^{G},84$$
$$d = +0^{m},0201$$

Base C. **2.ª Medicion.**

Posiciones de la regla	l' °	′	″	$c' = 8000\text{sen}^2\frac{1}{2}l'$ mm	t' G	Posiciones de la regla	l' °	′	″	$c' = 900\text{sen}^2\frac{1}{2}l'$ mm	t' G
301	+1	19	20	1,0651	12,67	360	+1	6	00	0,7372	20,60
302	+1	48	30	1,9921	12,60	361	+1	32	50	1,4584	20,65
303	+2	23	50	3,5006	12,47	362	+1	19	40	1,0740	20,67
304	+1	56	50	2,3098	12,37	363	+1	20	30	1,0966	20,75
305	+1	44	40	1,8538	12,22	364	+0	52	40	0,4694	20,75
306	+2	2	00	2,5186	12,25	365	+1	14	00	0,9267	20,87
307	+1	48	50	2,0043	12,25	366	+0	42	30	0,3057	20,85
308	+1	51	20	2,0975	12,25	367	+1	48	50	2,0043	20,90
309	+1	56	40	2,3032	12,30	368	+1	12	20	0,8854	20,97
310	+1	41	50	1,7548	12,35	369	+1	48	20	1,9860	21,10
311	+2	1	50	2,5117	12,40	370	+1	16	20	0,9860	21,12
312	+1	47	50	1,9677	12,57	371	+1	25	00	1,2226	21,20
313	+2	3	20	2,5739	12,65	372	+1	44	50	1,8597	21,27
314	+2	2	20	2,5324	12,77	373	+0	40	20	0,2753	21,32
315	+2	12	40	2,9782	12,90	374	+0	54	10	0,4965	21,32
316	+1	42	10	1,7663	12,97	375	+0	57	00	0,5498	21,32
317	+2	4	10	2,6088	13,10	376	+0	21	00	0,0746	21,40
318	+1	59	10	2,4030	13,20	377	+0	31	00	0,1626	21,37
319	+1	54	20	2,2120	13,32	378	+0	25	20	0,1086	21,42
320	+1	48	40	1,9982	13,42	379	+0	40	20	0,2753	21,42
321	+1	27	30	1,2956	13,57	380	−0	5	20	0,0048	21,42
322	+2	2	50	2,5531	13,75	381	+0	59	40	0,6025	21,45
323	+1	51	10	2,0912	13,90	382	+0	34	30	0,2014	21,45
324	+1	59	20	2,4097	14,05	383	+0	48	00	0,3899	21,47
325	+2	11	30	2,9260	14,25	384	+0	20	40	0,0723	21,50
326	+1	38	10	1,6307	14,42	385	+0	48	40	0,4008	21,57
327	+2	2	30	2,5393	14,57	386	+0	14	40	0,0364	21,62
328	+1	17	10	1,0077	14,77	387	+0	42	50	0,3105	21,82
329	+1	22	30	1,1518	14,92	388	+0	31	50	0,1715	21,87
330	+1	6	40	0,7521	15,30	389	+0	28	40	0,1391	21,92
331	+1	29	00	1,3404	15,55	390	+0	34	20	0,1995	21,92
332	+1	17	00	1,0033	15,77	391	+0	54	50	0,5088	22,05
333	+1	17	10	1,0077	16,07	392	+0	35	50	0,2173	22,07
334	+1	23	00	1,1658	16,37	393	+0	16	30	0,0461	22,07
335	+1	10	40	0,8451	16,65	394	+0	16	40	0,0470	22,15
336	+1	13	00	0,9018	16,80	395	+0	45	30	0,3503	22,30
337	+1	28	50	1,3354	16,95	396	+0	49	40	0,4175	22,25
338	+1	2	50	0,6681	17,05	397	+0	28	40	0,1391	22,25
339	+1	12	40	0,8936	17,17	398	+0	20	10	0,0688	22,27
340	+1	34	50	1,5219	17,25	399	+0	53	10	0,4784	22,32
341	+1	12	40	0,8936	17,20	400	+0	34	40	0,2034	22,32
342	+1	35	40	1,5487	17,20	401	+0	17	10	0,0499	22,37
343	+1	24	00	1,1940	17,20	402	+0	44	20	0,3326	22,45
344	+1	41	10	1,7319	17,27	403	+0	32	50	0,1824	22,42
345	+1	40	50	1,7205	17,62	404	+0	14	30	0,0356	22,37
346	+1	8	40	0,7979	18,27	405	+0	37	50	0,2422	22,35
347	+0	48	40	0,4008	19,80	406	+0	34	00	0,1956	22,35
348	+1	4	10	0,6968	20,97	407	+0	16	20	0,0451	22,32
349	+1	40	20	1,7035	20,97	408	+0	38	10	0,2465	22,42
350	+1	36	50	1,5867	20,77	409	+0	44	20	0,3326	22,40
351	+1	51	40	2,1100	20,57	410	+0	14	50	0,0372	22,57
352	+1	57	00	2,3164	20,35	411	+0	48	40	0,4008	22,62
353	+1	26	20	1,2613	20,27	412	+0	51	00	0,4402	22,62
354	+0	47	30	0,3818	20,25	413	+0	27	30	0,1280	22,55
355	+1	41	10	1,7319	20,30	414	+0	19	20	0,0633	22,67
356	+0	53	40	0,4874	20,32	415	+1	3	00	0,6717	22,57
357	+1	21	00	1,1103	20,40	416*	−0	0	40	0,0001	*22,50
358	+1	24	40	1,2131	20,50	417**	+1	28	00	0,5280	**22,05
359	+1	47	00	1,9374	20,60						
59 F_{t_R}				98,8163	932,99	56 F_{t_R}				25,8919	1218,28

$[c'] = 124^{mm},7082$ $[l'] = 2151^{G},27$

* En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $3^{m},0$. La temperatura no entra, por consiguiente, en la suma, y la correccion c se calculó separadamente.

** En esta posicion no se tomó de la longitud de la regla más que $1^{m},6115$.

Y los resultados finales [(2), (4), (7), (34)] son:

Base C.

Dias.	1.ª medicion.	2.ª medicion.	1.ª — 2.ª
	m	m	m
1	400,0564	400,0567	— 0,0003
2	400,0141	400,0142	— 0,0001
3	399,9102	399,9106	— 0,0004
4	464,5393	464,5390	+ 0,0003
	1664,5200	1664,5205	— 0,0005

Promedio ... C = $1664^{m},5202$.

Los *errores probables* debidos á las tres causas mencionadas [(5), (36), (37)] serán respectivamente:

$$\pm 0^{mm},399 \quad \pm 0^{mm},015 \quad \pm 0^{mm},040$$

y el *error probable* total [(38)] de la base C:

$$\pm 0^{mm},401$$

ó bien

(41) $\pm$ 0,000000240 de la longitud medida.

Reuniendo las fracciones (39), (40), (41):

0,000000794
0,000000326
0,000000240

que representan respectivamente los *errores probables* de las bases A, B y C, se ve desde luégo que la primera, correspondiente á la experiencia A hecha en condiciones que no son admisibles para una medicion delicada, es casi triple del promedio que resulta de las otras dos, que son en realidad las que deberian dar idea de la precision del nuevo aparato; sin embargo, para huir de toda exageracion, adopto el promedio general de los tres, siendo por lo tanto el *error probable* de las experiencias:

$$\pm\ 0{,}000000453 \text{ ó bien } \pm\ \frac{1}{2.207.000} \text{ de la longitud medida.}$$

Como se ve, la exactitud que proporciona el nuevo aparato, áun empleando en su manejo unos auxiliares que carecen de condiciones especiales de observadores, es más que suficiente; puesto que el *error probable* obtenido fuera de España, con los aparatos más perfectos en trabajos geodésicos de la mayor importancia cientifica, es doble del que se acaba de calcular.

CONCLUSION.

Las experiencias en grande escala descritas en el capítulo V, y llevadas á cabo con estricta sujecion á las prescripciones del capítulo II, demuestran palmariamente que la medicion de bases geodésicas puede hacerse muy exacta, valiéndose del nuevo aparato y sencillos procedimientos que se proponen, con un solo Oficial facultativo auxiliado por sargentos del ejército y un personal de servicio formado exclusivamente de soldados. Y es muy de notar que dos de los auxiliares tan sólo, han ejercido las mismas

funciones en las tres experiencias, variando para cada una de ellas todo el personal de servicio; cuyas circunstancias desfavorables no han impedido que, con un solo dia de explicacion, haya marchado el trabajo desde el principio con toda regularidad.

Además de esta importante ventaja, tiene el nuevo procedimiento otra verdaderamente inapreciable; y es que la velocidad de medicion que con él se alcanza es doble de la obtenida en las bases recientemente medidas en el extranjero y cuádrupla de la que resultó en Madridejos, puesto que sin precipitacion alguna se adelantan 120 metros por hora (1); lo cual permite medir una base geodésica de la mayor importancia científica en el mismo tiempo que la topografía invierte en igual operacion, con medios relati-

(1) He aquí los datos necesarios para calcular la velocidad obtenida en las dos mediciones de la base C.

Dias.	Comenzó.	Terminó.	Longitud medida.	Longitud medida por hora.
24 de Abril.	$16^h\ 41^m$	$20^h\ 30^m$	400^m	105^m
28	17 5	19 59	400	138
25	17 2	20 35	400	113
29	17 0	19 30	400	160
26	18 40	22 12	400	113
30	17 0	19 56	400	136
27	17 0	21 5	465	114
1.° de Mayo.	17 0	20 37	465	128
			Promedio...	126

Es de advertir que las horas citadas son las correspondientes á la primera y última posicion de la regla en cada dia, sin haber descontado el tiempo invertido en enterrar la referencia y demás operaciones durante las cuales se detiene la medicion.

vamente groseros. Por mucho que se prolongue el trabajo del dia, puede calcularse en pocas horas el resultado de la medicion, merced á la sencillez de las fórmulas y á la disposicion adoptada para el cálculo; y todas estas circunstancias proporcionan grande economía de tiempo y de dinero, haciendo además posible la remedicion de las bases que, con este aparato, debe siempre verificarse para calcular el *error probable* debido á los *errores accidentales* que se cometen en la operacion.

Recordando lo indicado en el capítulo primero acerca de cada uno de los siete aparatos empleados en los trabajos geodésicos, desde 1798 hasta el dia, y á fin de hacer una rápida comparacion con el que ahora se propone, pueden desde luégo eliminarse los dos primeros, de Borda y de Tenner, porque los *errores probables* $\left(\frac{1}{200.000}\text{ y }\frac{1}{300.000}\right)$ de las mediciones con ellos ejecutadas son demasiado considerables en el actual estado de la ciencia.

Admitiendo ya el de Colby, cuyo *error probable* $\left(\frac{1}{400.000}\right)$ es todavía bastante crecido, resulta: que nuestro aparato exige para su manejo la séptima parte del número de Oficiales, casi los mismos sargentos y la tercera parte de soldados; mide la misma distancia en la cuarta parte del tiempo y alcanza una precision cinco veces mayor.

El de Struve (antiguo sistema de contactos completamente abandonado) que exige frecuentes comparaciones con un tipo en el campo mismo de la medicion, lo cual absorbe un tiempo que no se ha tenido en cuenta al calcular

la velocidad del trabajo, se maneja con ménos personal subalterno que el nuestro pero empleando cuádruplo número de observadores; la distancia medida por término medio en una hora de tiempo es la mitad, y casi doble el *error probable* del resultado.

En las mediciones hechas con el aparato de Bessel, tambien de contactos, se ha ocupado quíntuplo número de observadores, la tercera parte de auxiliares y el mismo personal de servicio que con el nuestro, avanzando la mitad y resultando un error próximamente cuádruplo del de este último.

El aparato de Porro, notablemente modificado por el célebre P. Secchi, tiene por confesion propia el defecto de exigir largos y penosos cálculos de reduccion para llegar á los resultados definitivos; necesita triple número de observadores, la tercera parte de auxiliares y algunos hombres ménos de servicio que el nuestro; pero no alcanza más que la mitad de la velocidad y el error de las mediciones es casi doble del obtenido con éste.

El aparato perteneciente á la Comision del Mapa de España se halla en condiciones tales, que ya no debe entrar en comparacion. En efecto: medida con él en la llanura de Madridejos la extensa base central de la triangulacion española, ha cumplido una de sus importantes misiones, quedándole ahora á su costosa regla de platino y laton la de servir de tipo ó patron fundamental para cuantos trabajos verdaderamente científicos, ya de geodesia ya de

pesas y medidas, se ejecuten en España; así como para relacionar éstos con los de las demás naciones de Europa. La regla debe, por lo tanto, permanecer depositada con todo género de cuidados y precauciones para evitar hasta la más pequeña alteracion en su longitud, y no se la puede exponer á los azares de una medicion de base en que, transportada á larga distancia, llevada de una á otra posicion por dos hombres durante las operaciones y colocada multitud de veces casi en contacto con otros objetos, corre inminente riesgo de sufrir golpes y áun una caida que la inutilizaria completamente, desapareciendo en ese caso la unidad de longitud en funcion de la cual se expresan, tanto la base fundamental como todas las líneas geodésicas de los vastos trabajos españoles. No debiendo ya salir al campo este aparato, no hay para que repetir en este sitio el personal que exige ni la velocidad que proporciona en las operaciones que lleva á cabo con el pequeñísimo *error probable* de $\frac{1}{5.800.000}$ de la longitud medida.

Lo que importa es tener otro aparato que con pequeño coste, poco personal y gran velocidad de medicion, proporcione resultados *más* precisos que todos los que se han obtenido en cuantos trabajos pasan hoy, con fundado motivo, por modelo en las diferentes naciones de Europa; y esto justifica suficientemente mi atrevimiento al proponerme llenar un vacío de importancia, puesto que muchas son las bases que se han de medir para el mismo trabajo del Mapa y para otros especiales en que el Cuerpo de Inge-

nieros del Ejército interviene. Olvídese por un momento la insignificante personalidad del que pueda ser autor de esta Memoria y lo ilustre de los nombres que en la misma senda le han precedido, para fijarse tan sólo en el resultado eminentemente práctico que el lector abarcará de una sola ojeada en el siguiente *Estado* final.

Años.	Autores.	PERSONAL EMPLEADO. Científico.	Auxiliar.	De servicio.	Errores probables.	Longitud medida por hora.
						m
1798	Borda.	3	1	15	$\pm \frac{1}{200.000}$	60
1820	Tenner.	5	2	40	$\pm \frac{1}{300.000}$	80
1827	Colby.	7	5	60	$\pm \frac{1}{400.000}$	34
1827	Struve.	4	1	10	$\pm \frac{1}{1.200.000}$	70
1834	Bessel..	5	2	20	$\pm \frac{1}{600.000}$	60
1850	Porro y Secchi.	3	2	14	$\pm \frac{1}{1.200.000}$	60
1858	Comision del Mapa de España. . . .	4	4	50	$\pm \frac{1}{5.800.000}$	30
1868	El de esta Memoria.. . . .	1	6	20	$\pm \frac{1}{2.200.000}$	120

APÉNDICES.

APÉNDICE N.° 1.

TABLA DE LAS CORRECCIONES RELATIVAS A LA INCLINACION DE LA REGLA.

0 *grados* $c = 8000^{mm} \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} I$

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001
1	0,0002	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006
2	0,0007	0,0008	0,0009	0,0011	0,0012	0,0014
3	0,0015	0,0017	0,0019	0,0021	0,0023	0,0025
4	0,0027	0,0029	0,0032	0,0034	0,0037	0,0040
5	0,0042	0,0045	0,0048	0,0051	0,0054	0,0058
6	0,0061	0,0064	0,0068	0,0072	0,0075	0,0079
7	0,0083	0,0087	0,0091	0,0095	0,0099	0,0104
8	0,0108	0,0113	0,0118	0,0122	0,0127	0,0132
9	0,0137	0,0142	0,0147	0,0153	0,0158	0,0164
10	0,0169	0,0175	0,0181	0,0187	0,0193	0,0199
11	0,0205	0,0211	0,0217	0,0224	0,0230	0,0237
12	0,0244	0,0251	0,0257	0,0264	0,0272	0,0279
13	0,0286	0,0293	0,0301	0,0308	0,0316	0,0324
14	0,0332	0,0340	0,0348	0,0356	0,0364	0,0372
15	0,0381	0,0389	0,0398	0,0407	0,0415	0,0424
16	0,0433	0,0442	0,0451	0,0461	0,0470	0,0480
17	0,0489	0,0499	0,0508	0,0518	0,0528	0,0538
18	0,0548	0,0559	0,0569	0,0579	0,0590	0,0600
19	0,0611	0,0622	0,0633	0,0644	0,0655	0,0666
20	0,0677	0,0688	0,0700	0,0711	0,0723	0,0735
21	0,0746	0,0758	0,0770	0,0782	0,0794	0,0807
22	0,0819	0,0832	0,0844	0,0857	0,0869	0,0882
23	0,0895	0,0908	0,0921	0,0935	0,0948	0,0961
24	0,0975	0,0988	0,1002	0,1016	0,1030	0,1044
25	0,1058	0,1072	0,1086	0,1100	0,1115	0,1129
26	0,1144	0,1159	0,1174	0,1188	0,1203	0,1219
27	0,1234	0,1249	0,1264	0,1280	0,1295	0,1311
28	0,1327	0,1343	0,1359	0,1375	0,1391	0,1407
29	0,1423	0,1440	0,1456	0,1473	0,1489	0,1506
30	0,1523	0,1540	0,1557	0,1574	0,1592	0,1609
31	0,1626	0,1644	0,1661	0,1679	0,1697	0,1715
32	0,1733	0,1751	0,1769	0,1787	0,1806	0,1824
33	0,1843	0,1862	0,1880	0,1899	0,1918	0,1937
34	0,1956	0,1976	0,1995	0,2014	0,2034	0,2053
35	0,2073	0,2093	0,2113	0,2133	0,2153	0,2173
36	0,2193	0,2214	0,2234	0,2255	0,2275	0,2296
37	0,2317	0,2338	0,2359	0,2380	0,2401	0,2422
38	0,2444	0,2465	0,2487	0,2508	0,2530	0,2552
39	0,2574	0,2596	0,2618	0,2640	0,2663	0,2685
40	0,2708	0,2730	0,2753	0,2776	0,2799	0,2822
41	0,2845	0,2868	0,2891	0,2915	0,2938	0,2962
42	0,2985	0,3009	0,3033	0,3057	0,3081	0,3105
43	0,3129	0,3153	0,3178	0,3202	0,3227	0,3252
44	0,3276	0,3301	0,3326	0,3351	0,3376	0,3402
45	0,3427	0,3452	0,3478	0,3503	0,3529	0,3555
46	0,3581	0,3607	0,3633	0,3659	0,3685	0,3712
47	0,3738	0,3765	0,3791	0,3818	0,3845	0,3872
48	0,3899	0,3926	0,3953	0,3981	0,4008	0,4036
49	0,4063	0,4091	0,4119	0,4147	0,4175	0,4203
50	0,4231	0,4259	0,4287	0,4316	0,4344	0,4373
51	0,4402	0,4430	0,4459	0,4488	0,4517	0,4547
52	0,4576	0,4605	0,4635	0,4664	0,4694	0,4724
53	0,4754	0,4784	0,4814	0,4844	0,4874	0,4904
54	0,4935	0,4965	0,4996	0,5027	0,5057	0,5088
55	0,5119	0,5150	0,5181	0,5213	0,5244	0,5275
56	0,5307	0,5339	0,5370	0,5402	0,5434	0,5466
57	0,5498	0,5530	0,5563	0,5595	0,5628	0,5660
58	0,5693	0,5726	0,5758	0,5791	0,5824	0,5858
59	0,5891	0,5924	0,5958	0,5991	0,6025	0,6058

1 *grado* $c = 8000^{mm}$ sen.^{2} $\frac{1}{2}$ I

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	0,6092	0,6126	0,6160	0,6194	0,6228	0,6263
1	0,6297	0,6331	0,6366	0,6401	0,6435	0,6470
2	0,6505	0,6540	0,6575	0,6610	0,6646	0,6681
3	0,6717	0,6752	0,6788	0,6824	0,6860	0,6895
4	0,6932	0,6968	0,7004	0,7040	0,7077	0,7113
5	0,7150	0,7187	0,7223	0,7260	0,7297	0,7334
6	0,7372	0,7409	0,7446	0,7484	0,7521	0,7559
7	0,7597	0,7634	0,7672	0,7710	0,7749	0,7787
8	0,7825	0,7863	0,7902	0,7941	0,7979	0,8018
9	0,8057	0,8096	0,8135	0,8174	0,8213	0,8253
10	0,8292	0,8332	0,8371	0,8411	0,8451	0,8491
11	0,8531	0,8571	0,8611	0,8651	0,8692	0,8732
12	0,8773	0,8813	0,8854	0,8895	0,8936	0,8977
13	0,9018	0,9059	0,9101	0,9142	0,9183	0,9225
14	0,9267	0,9309	0,9350	0,9392	0,9434	0,9477
15	0,9519	0,9561	0,9604	0,9646	0,9689	0,9732
16	0,9774	0,9817	0,9860	0,9903	0,9947	0,9990
17	1,0033	1,0077	1,0120	1,0164	1,0208	1,0252
18	1,0296	1,0340	1,0384	1,0428	1,0472	1,0517
19	1,0561	1,0606	1,0651	1,0695	1,0740	1,0785
20	1,0830	1,0876	1,0921	1,0966	1,1012	1,1057
21	1,1103	1,1149	1,1194	1,1240	1,1286	1,1332
22	1,1379	1,1425	1,1471	1,1518	1,1564	1,1611
23	1,1658	1,1705	1,1752	1,1799	1,1846	1,1893
24	1,1940	1,1988	1,2035	1,2083	1,2131	1,2178
25	1,2226	1,2274	1,2322	1,2371	1,2419	1,2467
26	1,2516	1,2564	1,2613	1,2662	1,2711	1,2759
27	1,2808	1,2858	1,2907	1,2956	1,3006	1,3055
28	1,3105	1,3154	1,3204	1,3254	1,3304	1,3354
29	1,3404	1,3454	1,3505	1,3555	1,3606	1,3656
30	1,3707	1,3758	1,3809	1,3860	1,3911	1,3962
31	1,4013	1,4065	1,4116	1,4168	1,4219	1,4271
32	1,4323	1,4375	1,4427	1,4479	1,4531	1,4584
33	1,4636	1,4688	1,4741	1,4794	1,4847	1,4899
34	1,4952	1,5005	1,5059	1,5112	1,5165	1,5219
35	1,5272	1,5326	1,5380	1,5433	1,5487	1,5541
36	1,5595	1,5650	1,5704	1,5758	1,5813	1,5867
37	1,5922	1,5977	1,6032	1,6087	1,6142	1,6197
38	1,6252	1,6307	1,6363	1,6418	1,6474	1,6529
39	1,6585	1,6641	1,6697	1,6753	1,6809	1,6866
40	1,6922	1,6978	1,7035	1,7092	1,7148	1,7205
41	1,7262	1,7319	1,7376	1,7433	1,7491	1,7548
42	1,7606	1,7663	1,7721	1,7779	1,7836	1,7894
43	1,7952	1,8011	1,8069	1,8127	1,8186	1,8244
44	1,8303	1,8361	1,8420	1,8479	1,8538	1,8597
45	1,8656	1,8716	1,8775	1,8834	1,8894	1,8954
46	1,9013	1,9073	1,9133	1,9193	1,9253	1,9313
47	1,9374	1,9434	1,9495	1,9555	1,9616	1,9677
48	1,9738	1,9799	1,9860	1,9921	1,9982	2,0043
49	2,0105	2,0166	2,0228	2,0290	2,0351	2,0413
50	2,0475	2,0537	2,0600	2,0662	2,0724	2,0787
51	2,0849	2,0912	2,0975	2,1037	2,1100	2,1163
52	2,1227	2,1290	2,1353	2,1417	2,1480	2,1544
53	2,1607	2,1671	2,1735	2,1799	2,1863	2,1927
54	2,1991	2,2056	2,2120	2,2185	2,2249	2,2314
55	2,2379	2,2444	2,2509	2,2574	2,2639	2,2704
56	2,2770	2,2835	2,2901	2,2966	2,3032	2,3098
57	2,3164	2,3230	2,3296	2,3362	2,3429	2,3495
58	2,3562	2,3628	2,3695	2,3762	2,3828	2,3895
59	2,3963	2,4030	2,4097	2,4164	2,4232	2,4299

2 *grados* $c = 8000^{mm} \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} I$

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	2,4367	2,4435	2,4502	2,4570	2,4638	2,4706
1	2,4775	2,4843	2,4911	2,4980	2,5048	2,5117
2	2,5186	2,5255	2,5324	2,5393	2,5462	2,5531
3	2,5600	2,5670	2,5739	2,5809	2,5879	2,5948
4	2,6018	2,6088	2,6158	2,6229	2,6299	2,6369
5	2,6440	2,6510	2,6581	2,6651	2,6722	2,6793
6	2,6864	2,6935	2,7007	2,7078	2,7149	2,7221
7	2,7292	2,7364	2,7436	2,7508	2,7580	2,7652
8	2,7724	2,7796	2,7868	2,7941	2,8013	2,8086
9	2,8159	2,8231	2,8304	2,8377	2,8450	2,8524
10	2,8597	2,8670	2,8744	2,8817	2,8891	2,8965
11	2,9038	2,9112	2,9186	2,9260	2,9335	2,9409
12	2,9483	2,9558	2,9632	2,9707	2,9782	2,9857
13	2,9932	3,0007	3,0082	3,0157	3,0232	3,0308
14	3,0383	3,0459	3,0535	3,0611	3,0686	3,0763
15	3,0839	3,0915	3,0991	3,1067	3,1144	3,1220
16	3,1297	3,1374	3,1451	3,1528	3,1605	3,1682
17	3,1759	3,1836	3,1914	3,1991	3,2069	3,2146
18	3,2224	3,2302	3,2380	3,2458	3,2536	3,2614
19	3,2693	3,2771	3,2850	3,2928	3,3007	3,3086
20	3,3165	3,3244	3,3323	3,3402	3,3481	3,3561
21	3,3640	3,3720	3,3800	3,3879	3,3959	3,4039
22	3,4119	3,4199	3,4279	3,4360	3,4440	3,4521
23	3,4601	3,4682	3,4763	3,4844	3,4925	3,5006
24	3,5087	3,5168	3,5249	3,5331	3,5412	3,5494
25	3,5576	3,5658	3,5739	3,5821	3,5904	3,5986
26	3,6068	3,6150	3,6233	3,6315	3,6398	3,6481
27	3,6564	3,6647	3,6730	3,6813	3,6896	3,6979
28	3,7063	3,7146	3,7230	3,7314	3,7397	3,7481
29	3,7565	3,7649	3,7734	3,7818	3,7902	3,7987
30	3,8071	3,8156	3,8241	3,8325	3,8410	3,8495
31	3,8580	3,8666	3,8751	3,8836	3,8922	3,9007
32	3,9093	3,9179	3,9265	3,9351	3,9437	3,9523
33	3,9609	3,9695	3,9782	3,9868	3,9955	4,0042
34	4,0128	4,0215	4,0302	4,0389	4,0476	4,0564
35	4,0651	4,0739	4,0826	4,0914	4,1001	4,1089
36	4,1177	4,1265	4,1353	4,1442	4,1530	4,1618
37	4,1707	4,1795	4,1884	4,1973	4,2062	4,2151
38	4,2240	4,2329	4,2418	4,2507	4,2597	4,2686
39	4,2776	4,2866	4,2955	4,3045	4,3135	4,3225
40	4,3316	4,3406	4,3496	4,3587	4,3677	4,3768
41	4,3859	4,3949	4,4040	4,4131	4,4222	4,4314
42	4,4405	4,4496	4,4588	4,4679	4,4771	4,4863
43	4,4955	4,5047	4,5139	4,5231	4,5323	4,5416
44	4,5508	4,5601	4,5693	4,5786	4,5879	4,5972
45	4,6065	4,6158	4,6251	4,6344	4,6437	4,6531
46	4,6625	4,6718	4,6812	4,6906	4,7000	4,7094
47	4,7188	4,7282	4,7376	4,7471	4,7565	4,7660
48	4,7755	4,7849	4,7944	4,8039	4,8134	4,8229
49	4,8325	4,8420	4,8515	4,8611	4,8707	4,8802
50	4,8898	4,8994	4,9090	4,9186	4,9282	4,9379
51	4,9475	4,9571	4,9668	4,9765	4,9861	4,9958
52	5,0055	5,0152	5,0249	5,0347	5,0444	5,0541
53	5,0639	5,0736	5,0834	5,0932	5,1030	5,1128
54	5,1226	5,1324	5,1422	5,1520	5,1619	5,1717
55	5,1816	5,1915	5,2014	5,2113	5,2212	5,2311
56	5,2410	5,2509	5,2608	5,2708	5,2808	5,2907
57	5,3007	5,3107	5,3207	5,3307	5,3407	5,3507
58	5,3607	5,3708	5,3808	5,3909	5,4010	5,4110
59	5,4211	5,4312	5,4413	5,4515	5,4616	5,4717

3 *grados* $c = 8000^{mm}$ sen.^{2} ½ I.

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	5,4819	5,4920	5,5022	5,5124	5,5225	5,5327
1	5,5429	5,5531	5,5634	5,5736	5,5838	5,5941
2	5,6043	5,6146	5,6249	5,6352	5,6455	5,6558
3	5,6661	5,6764	5,6867	5,6971	5,7074	5,7178
4	5,7281	5,7385	5,7489	5,7593	5,7697	5,7801
5	5,7906	5,8010	5,8114	5,8219	5,8324	5,8428
6	5,8533	5,8638	5,8743	5,8848	5,8953	5,9059
7	5,9164	5,9270	5,9375	5,9481	5,9587	5,9692
8	5,9798	5,9904	6,0011	6,0117	6,0223	6,0330
9	6,0436	6,0543	6,0649	6,0756	6,0863	6,0970
10	6,1077	6,1184	6,1292	6,1399	6,1506	6,1614
11	6,1722	6,1829	6,1937	6,2045	6,2153	6,2261
12	6,2369	6,2478	6,2586	6,2695	6,2803	6,2912
13	6,3021	6,3130	6,3238	6,3348	6,3457	6,3566
14	6,3675	6,3785	6,3894	6,4004	6,4113	6,4223
15	6,4333	6,4443	6,4553	6,4663	6,4774	6,4884
16	6,4995	6,5105	6,5216	6,5326	6,5437	6,5548
17	6,5659	6,5770	6,5882	6,5993	6,6104	6,6216
18	6,6327	6,6439	6,6551	6,6663	6,6775	6,6887
19	6,6999	6,7111	6,7223	6,7336	6,7448	6,7561
20	6,7674	6,7786	6,7899	6,8012	6,8125	6,8239
21	6,8352	6,8465	6,8579	6,8692	6,8806	6,8920
22	6,9034	6,9147	6,9261	6,9376	6,9490	6,9604
23	6,9719	6,9833	6,9948	7,0062	7,0177	7,0292
24	7,0407	7,0522	7,0637	7,0752	7,0868	7,0983
25	7,1099	7,1214	7,1330	7,1446	7,1562	7,1678
26	7,1794	7,1910	7,2026	7,2143	7,2259	7,2376
27	7,2492	7,2609	7,2726	7,2843	7,2960	7,3077
28	7,3194	7,3311	7,3429	7,3546	7,3664	7,3782
29	7,3899	7,4017	7,4135	7,4253	7,4371	7,4490
30	7,4608	7,4726	7,4845	7,4964	7,5082	7,5201
31	7,5320	7,5439	7,5558	7,5677	7,5797	7,5916
32	7,6035	7,6155	7,6275	7,6894	7,6514	7,6634
33	7,6754	7,6874	7,6995	7,7115	7,7235	7,7356
34	7,7476	7,7597	7,7718	7,7839	7,7960	7,8081
35	7,8202	7,8323	7,8445	7,8566	7,8688	7,8809
36	7,8931	7,9053	7,9175	7,9297	7,9419	7,9541
37	7,9663	7,9786	7,9908	8,0031	8,0153	8,0276
38	8,0399	8,0522	8,0645	8,0768	8,0891	8,1014
39	8,1138	8,1261	8,1385	8,1509	8,1632	8,1756
40	8,1880	8,2004	8,2128	8,2253	8,2377	8,2502
41	8,2626	8,2751	8,2875	8,3000	8,3125	8,3250
42	8,3375	8,3500	8,3626	8,3751	8,3877	8,4002
43	8,4128	8,4254	8,4379	8,4505	8,4631	8,4758
44	8,4884	8,5010	8,5136	8,5263	8,5390	8,5516
45	8,5643	8,5770	8,5897	8,6024	8,6151	8,6278
46	8,6406	8,6533	8,6661	8,6788	8,6916	8,7044
47	8,7172	8,7300	8,7428	8,7556	8,7684	8,7813
48	8,7941	8,8070	8,8199	8,8327	8,8456	8,8585
49	8,8714	8,8843	8,8972	8,9102	8,9231	8,9361
50	8,9490	8,9620	8,9750	8,9880	9,0010	9,0140
51	9,0270	9,0400	9,0530	9,0661	9,0791	9,0922
52	9,1053	9,1184	9,1314	9,1446	9,1577	9,1708
53	9,1839	9,1971	9,2102	9,2234	9,2365	9,2497
54	9,2629	9,2761	9,2893	9,3025	9,3157	9,3289
55	9,3422	9,3554	9,3687	9,3820	9,3953	9,4085
56	9,4218	9,4351	9,4485	9,4618	9,4751	9,4885
57	9,5018	9,5152	9,5286	9,5419	9,5553	9,5687
58	9,5821	9,5956	9,6090	9,6224	9,6359	9,6493
59	9,6628	9,6763	9,6898	9,7033	9,7168	9,7303

APÉNDICE N.° 2.

TABLA DE LAS DIFERENCIAS DE NIVEL DE LOS DOS EXTREMOS DE LA REGLA, DEDUCIDAS DE SU INCLINACION.

0 *grados* $d = 4000^{mm}$ sen. 1

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
0	0,00	0,19	0,39	0,58	0,78	0,97
1	1,16	1,36	1,55	1,75	1,94	2,13
2	2,33	2,52	2,71	2,91	3,10	3,30
3	3,49	3,68	3,88	4,07	4,27	4,46
4	4,65	4,85	5,04	5,24	5,43	5,62
5	5,82	6,01	6,21	6,40	6,59	6,79
6	6,98	7,18	7,37	7,56	7,76	7,95
7	8,14	8,34	8,53	8,73	8,92	9,11
8	9,31	9,50	9,70	9,89	10,08	10,28
9	10,47	10,67	10,86	11,05	11,25	11,44
10	11,64	11,83	12,02	12,22	12,41	12,61
11	12,80	12,99	13,19	13,38	13,57	13,77
12	13,96	14,16	14,35	14,54	14,74	14,93
13	15,13	15,32	15,51	15,71	15,90	16,10
14	16,29	16,48	16,68	16,87	17,07	17,26
15	17,45	17,65	17,84	18,04	18,23	18,42
16	18,62	18,81	19,00	19,20	19,39	19,59
17	19,78	19,97	20,17	20,36	20,56	20,75
18	20,94	21,14	21,33	21,53	21,72	21,91
19	22,11	22,30	22,50	22,69	22,88	23,08
20	23,27	23,46	23,66	23,85	24,05	24,24
21	24,43	24,63	24,82	25,02	25,21	25,40
22	25,60	25,79	25,99	26,18	26,37	26,57
23	26,76	26,96	27,15	27,34	27,54	27,73
24	27,93	28,12	28,31	28,51	28,70	28,89
25	29,09	29,28	29,48	29,67	29,86	30,06
26	30,25	30,45	30,64	30,83	31,03	31,22
27	31,42	31,61	31,80	32,00	32,19	32,39
28	32,58	32,77	32,97	33,16	33,35	33,55
29	33,74	33,94	34,13	34,32	34,52	34,71
30	34,91	35,10	35,29	35,49	35,68	35,88
31	36,07	36,26	36,46	36,65	36,85	37,04
32	37,23	37,43	37,62	37,81	38,01	38,20
33	38,40	38,59	38,78	38,98	39,17	39,37
34	39,56	39,75	39,95	40,14	40,34	40,53
35	40,72	40,92	41,11	41,31	41,50	41,69
36	41,89	42,08	42,27	42,47	42,66	42,86
37	43,05	43,24	43,44	43,63	43,83	44,02
38	44,21	44,41	44,60	44,80	44,99	45,18
39	45,38	45,57	45,77	45,96	46,15	46,35
40	46,54	46,73	46,93	47,12	47,32	47,51
41	47,70	47,90	48,09	48,29	48,48	48,67
42	48,87	49,06	49,26	49,45	49,64	49,84
43	50,03	50,23	50,42	50,61	50,81	51,00
44	51,19	51,39	51,58	51,78	51,97	52,16
45	52,36	52,55	52,75	52,94	53,13	53,33
46	53,52	53,72	53,91	54,10	54,30	54,49
47	54,69	54,88	55,07	55,27	55,46	55,65
48	55,85	56,04	56,24	56,43	56,62	56,82
49	57,01	57,21	57,40	57,59	57,79	57,98
50	58,18	58,37	58,56	58,76	58,95	59,15
51	59,34	59,53	59,73	59,92	60,11	60,31
52	60,50	60,70	60,89	61,08	61,28	61,47
53	61,67	61,86	62,05	62,25	62,44	62,64
54	62,83	63,02	63,22	63,41	63,60	63,80
55	63,99	64,19	64,38	64,57	64,77	64,96
56	65,16	65,35	65,54	65,74	65,93	66,13
57	66,32	66,51	66,71	66,90	67,10	67,29
58	67,48	67,68	67,87	68,06	68,26	68,45
59	68,65	68,84	69,03	69,23	69,42	69,62

1 *grado* $d = 4000^{mm}$ sen. I.

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*	*mm*
0	69,81	70,00	70,20	70,39	70,59	70,78
1	70,97	71,17	71,36	71,55	71,75	71,94
2	72,14	72,33	72,52	72,72	72,91	73,11
3	73,30	73,49	73,69	73,88	74,08	74,27
4	74,46	74,66	74,85	75,04	75,24	75,43
5	75,62	75,82	76,01	76,21	76,40	76,60
6	76,79	76,98	77,18	77,37	77,57	77,76
7	77,95	78,15	78,34	78,53	78,73	78,92
8	79,12	79,31	79,50	79,70	79,89	80,09
9	80,28	80,47	80,67	80,86	81,06	81,25
10	81,44	81,64	81,83	82,02	82,22	82,41
11	82,61	82,80	82,99	83,19	83,38	83,58
12	83,77	83,96	84,16	84,35	84,55	84,74
13	84,93	85,13	85,32	85,51	85,71	85,90
14	86,10	86,29	86,48	86,68	86,87	87,07
15	87,26	87,45	87,65	87,84	88,04	88,23
16	88,42	88,62	88,81	89,00	89,20	89,39
17	89,59	89,78	89,97	90,17	90,36	90,56
18	90,75	90,94	91,14	91,33	91,52	91,72
19	91,91	92,11	92,30	92,49	92,69	92,88
20	93,08	93,27	93,46	93,66	93,85	94,05
21	94,24	94,43	94,63	94,82	95,01	95,21
22	95,40	95,60	95,79	95,98	96,18	96,37
23	96,57	96,76	96,95	97,15	97,34	97,53
24	97,73	97,92	98,12	98,31	98,50	98,70
25	98,89	99,09	99,28	99,47	99,67	99,86
26	100,06	100,25	100,44	100,64	100,83	101,02
27	101,22	101,41	101,61	101,80	101,99	102,19
28	102,38	102,58	102,77	102,96	103,16	103,35
29	103,54	103,74	103,93	104,13	104,32	104,51
30	104,71	104,90	105,10	105,29	105,48	105,68
31	105,87	106,06	106,26	106,45	106,65	106,84
32	107,03	107,23	107,42	107,62	107,81	108,00
33	108,20	108,39	108,58	108,78	108,97	109,17
34	109,36	109,55	109,75	109,94	110,14	110,33
35	110,52	110,72	110,91	111,10	111,30	111,49
36	111,69	111,88	112,07	112,27	112,46	112,66
37	112,85	113,04	113,24	113,43	113,63	113,82
38	114,01	114,21	114,40	114,59	114,79	114,98
39	115,18	115,37	115,56	115,76	115,95	116,15
40	116,34	116,53	116,73	116,92	117,11	117,31
41	117,50	117,70	117,89	118,08	118,28	118,47
42	118,66	118,86	119,05	119,25	119,44	119,63
43	119,83	120,02	120,22	120,41	120,60	120,80
44	120,99	121,18	121,38	121,57	121,77	121,96
45	122,15	122,35	122,54	122,74	122,93	123,12
46	123,32	123,51	123,70	123,90	124,09	124,29
47	124,48	124,67	124,87	125,06	125,26	125,45
48	125,64	125,84	126,03	126,22	126,42	126,61
49	126,81	127,00	127,19	127,39	127,58	127,78
50	127,97	128,16	128,36	128,55	128,74	128,94
51	129,13	129,33	129,52	129,71	129,91	130,10
52	130,29	130,49	130,68	130,88	131,07	131,26
53	131,46	131,65	131,85	132,04	132,23	132,43
54	132,62	132,81	133,01	133,20	133,40	133,59
55	133,78	133,98	134,17	134,37	134,56	134,75
56	134,95	135,14	135,33	135,53	135,72	135,92
57	136,11	136,30	136,50	136,69	136,88	137,08
58	137,27	137,47	137,66	137,85	138,05	138,24
59	138,44	138,63	138,82	139,02	139,21	139,40

2 *grados* $d = 4000^{mm} \text{ sen. } 1'$

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	139,60	139,79	139,99	140,18	140,37	140,57
1	140,76	140,95	141,15	141,34	141,54	141,73
2	141,92	142,12	142,31	142,51	142,70	142,89
3	143,09	143,28	143,47	143,67	143,86	144,06
4	144,25	144,44	144,64	144,83	145,02	145,22
5	145,41	145,61	145,80	145,99	146,19	146,38
6	146,57	146,77	146,96	147,16	147,35	147,54
7	147,74	147,93	148,13	148,32	148,51	148,71
8	148,90	149,09	149,29	149,48	149,68	149,87
9	150,06	150,26	150,45	150,64	150,84	151,03
10	151,23	151,42	151,61	151,81	152,00	152,19
11	152,39	152,58	152,78	152,97	153,16	153,36
12	153,55	153,75	153,94	154,13	154,33	154,52
13	154,71	154,91	155,10	155,30	155,49	155,68
14	155,88	156,07	156,26	156,46	156,65	156,85
15	157,04	157,23	157,43	157,62	157,81	158,01
16	158,20	158,40	158,59	158,78	158,98	159,17
17	159,36	159,56	159,75	159,95	160,14	160,33
18	160,53	160,72	160,91	161,11	161,30	161,50
19	161,69	161,88	162,08	162,27	162,46	162,66
20	162,85	163,05	163,24	163,43	163,63	163,82
21	164,01	164,21	164,40	164,60	164,79	164,98
22	165,18	165,37	165,57	165,76	165,95	166,15
23	166,34	166,53	166,73	166,92	167,12	167,31
24	167,50	167,70	167,89	168,08	168,28	168,47
25	168,67	168,86	169,05	169,25	169,44	169,63
26	169,83	170,02	170,22	170,41	170,60	170,80
27	170,99	171,18	171,38	171,57	171,77	171,96
28	172,15	172,35	172,54	172,73	172,93	173,12
29	173,32	173,51	173,70	173,90	174,09	174,28
30	174,48	174,67	174,86	175,06	175,25	175,45
31	175,64	175,83	176,03	176,22	176,41	176,61
32	176,80	177,00	177,19	177,38	177,58	177,77
33	177,96	178,16	178,35	178,55	178,74	178,93
34	179,13	179,32	179,51	179,71	179,90	180,10
35	180,29	180,48	180,68	180,87	181,06	181,26
36	181,45	181,65	181,84	182,03	182,23	182,42
37	182,61	182,81	183,00	183,20	183,39	183,58
38	183,78	183,97	184,16	184,36	184,55	184,75
39	184,94	185,13	185,33	185,52	185,71	185,91
40	186,10	186,30	186,49	186,68	186,88	187,07
41	187,26	187,46	187,65	187,84	188,04	188,23
42	188,43	188,62	188,81	189,01	189,20	189,39
43	189,59	189,78	189,98	190,17	190,36	190,56
44	190,75	190,94	191,14	191,33	191,53	191,72
45	191,91	192,11	192,30	192,49	192,69	192,88
46	193,07	193,27	193,46	193,66	193,85	194,04
47	194,24	194,43	194,62	194,82	195,01	195,21
48	195,40	195,59	195,79	195,98	196,17	196,37
49	196,56	196,75	196,95	197,14	197,34	197,53
50	197,72	197,92	198,11	198,30	198,50	198,69
51	198,89	199,08	199,27	199,47	199,66	199,85
52	200,05	200,24	200,43	200,63	200,82	201,02
53	201,21	201,40	201,60	201,79	201,98	202,18
54	202,37	202,57	202,76	202,95	203,15	203,34
55	203,53	203,73	203,92	204,11	204,31	204,50
56	204,70	204,89	205,08	205,28	205,47	205,66
57	205,86	206,05	206,25	206,44	206,63	206,83
58	207,02	207,21	207,41	207,60	207,79	207,99
59	208,18	208,38	208,57	208,76	208,96	209,15

3 grados $d = 4000^{mm} \cdot \text{sen. I}$

′	0″	10″	20″	30″	40″	50″
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	209,34	209,54	209,73	209,92	210,12	210,31
1	210,51	210,70	210,89	211,09	211,28	211,47
2	211,67	211,86	212,06	212,25	212,44	212,64
3	212'83	213,02	213,22	213,41	213,60	213,80
4	213,99	214,19	214,38	214,57	214,77	214,96
5	215,15	215,35	215,54	215,73	215,93	216,12
6	216,32	216,51	216,70	216,90	217,09	217,28
7	217,48	217,67	217,86	218,06	218,25	218,45
8	218,64	218,83	219,03	219,22	219,41	219,61
9	219,80	219,99	220,19	220,38	220,58	220,77
10	220,96	221,16	221,35	221,54	221,74	221,93
11	222,12	222,32	222,51	222,71	222,90	223,09
12	223,29	223,48	223,67	223,87	224,06	224,25
13	224,45	224,64	224,83	225,03	225,22	225,42
14	225,61	225,80	226,00	226,19	226,38	226,58
15	226,77	226,96	227,16	227,35	227,55	227,74
16	227,93	228,13	228,32	228,51	228,71	228,90
17	229,09	229,29	229,48	229,68	229,87	230,06
18	230,26	230,45	230,64	230,84	231,03	231,22
19	231,42	231,61	231,80	232,00	232,19	232,39
20	232,58	232,77	232,97	233,16	233,35	233,55
21	233,74	233,93	234,13	234,32	234,52	234,71
22	234,90	235,10	235,29	235,48	235,68	235,87
23	236,06	236,26	236,45	236,64	236,84	237,03
24	237,23	237,42	237,61	237,81	238,00	238,19
25	238,39	238,58	238,77	238,97	239,16	239,35
26	239,55	239,74	239,94	240,13	240,32	240,52
27	240,71	240,90	241,10	241,29	241,48	241,68
28	241,87	242,06	242,26	242,45	242,65	242,84
29	243,03	243,23	243,42	243,61	243,81	244,00
30	244,19	244,39	244,58	244,77	244,97	245,16
31	245,36	245,55	245,74	245,94	246,13	246,32
32	246,52	246,71	246,90	247,10	247,29	247,48
33	247,68	247,87	248,07	248 26	248,45	248,65
34	248,84	249,03	249,23	249,42	249,61	249,81
35	250,00	250,19	250,39	250,58	250,78	250,97
36	251,16	251,36	251,55	251,74	251,94	252,13
37	252,32	252,52	252,71	252,90	253,10	253,29
38	253,48	253,68	253,87	254,07	254,26	254,45
39	254,65	254,84	255,03	255,23	255,42	255,61
40	255,81	256,00	256,19	256,39	256,58	256,77
41	256,97	257,16	257,35	257,55	257,74	257,94
42	258,13	258,32	258,52	258,71	258,90	259,10
43	259,29	259,48	259,68	259,87	260,06	260,26
44	260,45	260,64	260,84	261,03	261,23	261,42
45	261,61	261,81	262,00	262,19	262,39	262,58
46	262,77	262,97	263,16	263,35	263,55	263,74
47	263,93	264,13	264,32	264,52	264,71	264,90
48	265,10	265,29	265 48	265,68	265,87	266,06
49	266,26	266,45	266,64	266,84	267,03	267,22
50	267,42	267,61	267,80	268,00	268,19	268,38
51	268,58	268,77	268,97	269,16	269,35	269,55
52	269,74	269,93	270,13	270,32	270,51	270,71
53	270,90	271,09	271,29	271,48	271,67	271,87
54	272,06	272,25	272,45	272,64	272,84	273,03
55	273,22	273,42	273,61	273,80	274,00	274,19
56	274,38	274,58	274,77	274,96	275,16	275,35
57	275,54	275,74	275,93	276,12	276,32	276,51
58	276,70	276,90	277,09	277,28	277,48	277,67
59	277,87	278,06	278,25	278,45	278,64	278,83

ÍNDICE.

Páginas.

Orden del Excmo. Sr. Ministro de la Guerra VII
Advertencia preliminar IX
Introduccion XIII
CAPITULO PRIMERO.—Idea general de los principales aparatos. 17
Aparato de Borda 18
Aparato de Tenner 21
Aparato de Colby 23
Aparato de Struve 28
Aparato de Bessel 31
Aparato de Porro 35
Aparato de la Comision del Mapa de España 39
CAPITULO II.—Descripcion del aparato que se propone, su uso y fórmulas correspondientes 45
Descripcion 45
Uso del aparato 59
Fórmulas relativas al aparato 67
CAPITULO III.—Dilatacion lineal de la regla 73
Observaciones 76
Fórmulas 83
Error probable 87
CAPITULO IV.—Determinacion de la longitud de la regla 91
Fórmulas 92
Observaciones 98
Error probable 107
CAPITULO V.—Experiencias de medicion y error probable del resultado 109
Base **A**.—Observaciones 110
Resultados 129
Error probable 129
Base **B**.—Observaciones 131
Resultados 144
Error probable 144
Base **C**.—Observaciones 145
Resultados 154
Error probable 154
Error probable de las experiencias 155
Conclusion 157
Estado final comparativo 162
Apéndice N.º 1.—Tabla de las correcciones relativas á la inclinacion de la regla 165
Apéndice N.º 2.—Tabla de las diferencias de nivel de los dos extremos de la regla, deducidas de su inclinacion 171

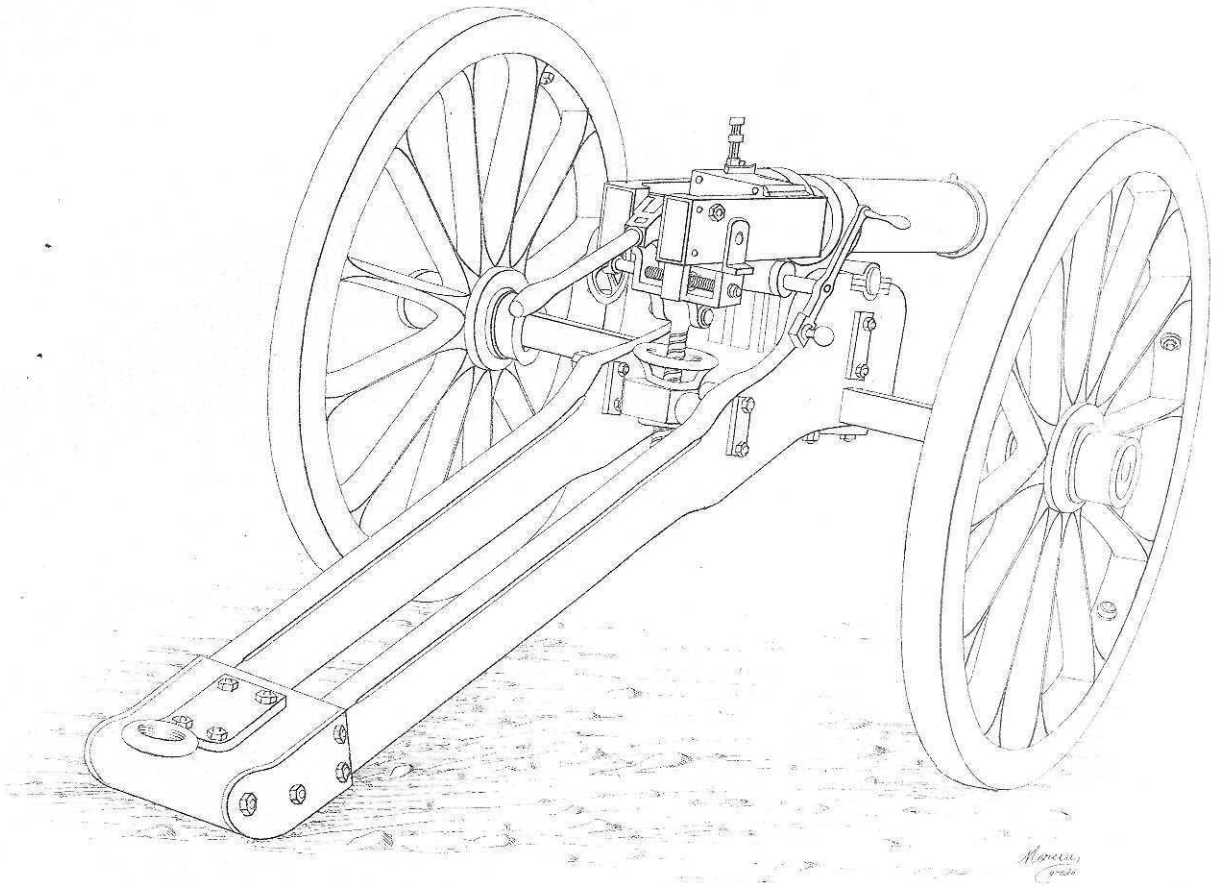


Fig.3.

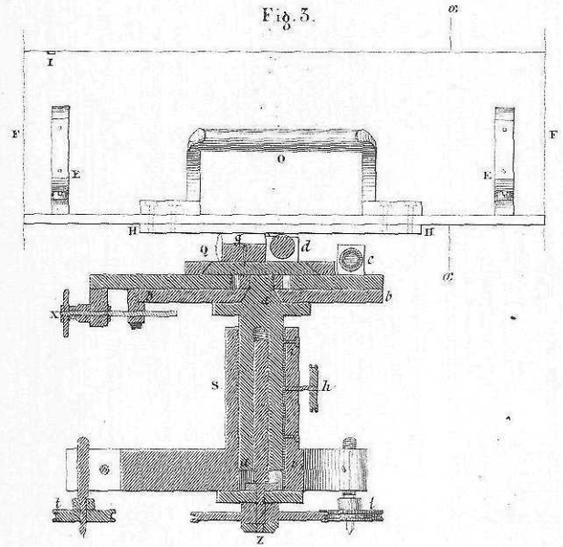


Fig.5.

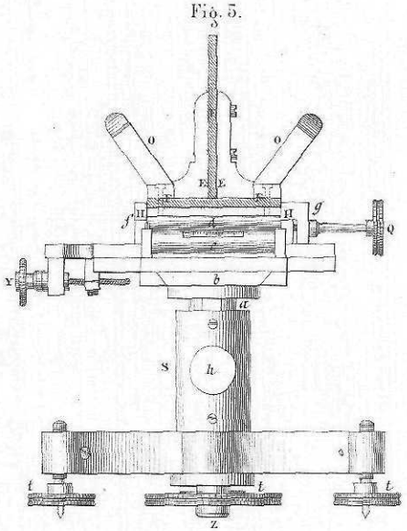


Fig.6.

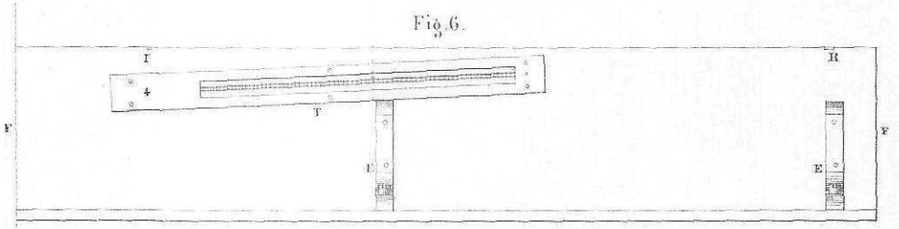


Fig.7.

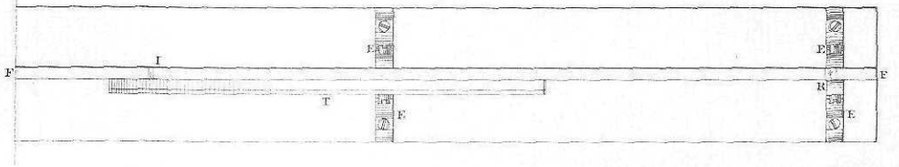
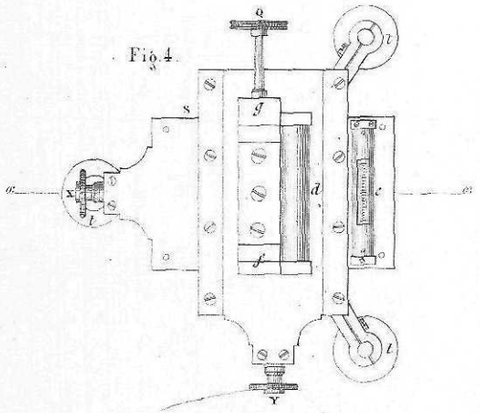


Fig.4.



Escala de $\frac{1}{5}$ para las fig.s 3 á 12.

Fig.10.

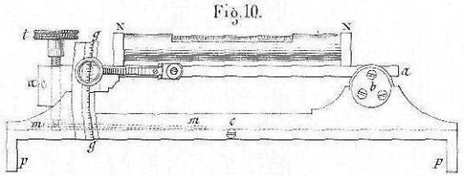


Fig.11.

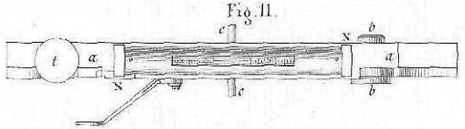


Fig.12.

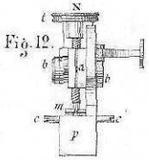


Fig.13.

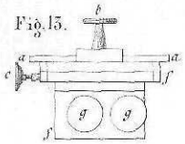


Fig.14.

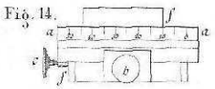
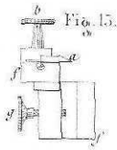


Fig.15.



Escala de $\frac{1}{5}$ para las fig.s 13, 14 y 15.

Fig.8.

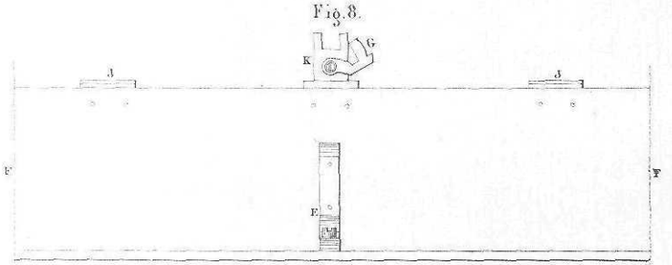
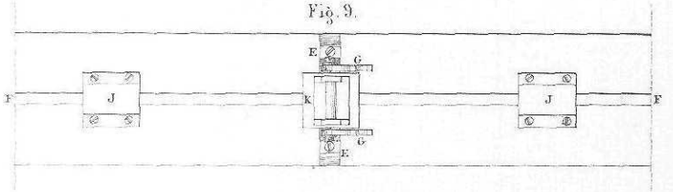


Fig.9.



Lit. del Depósito de la Guerra.

A. Cerona, g.r

Fig.16.

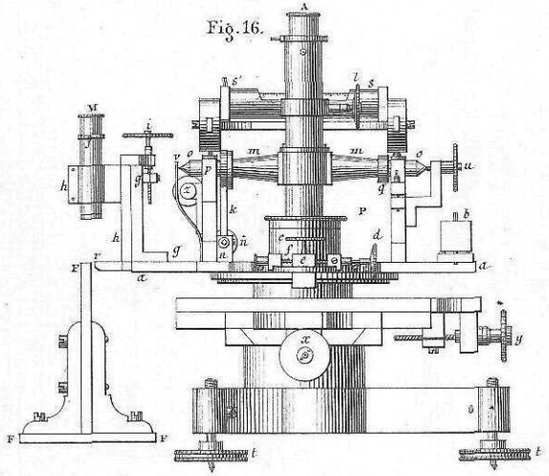


Fig.18.

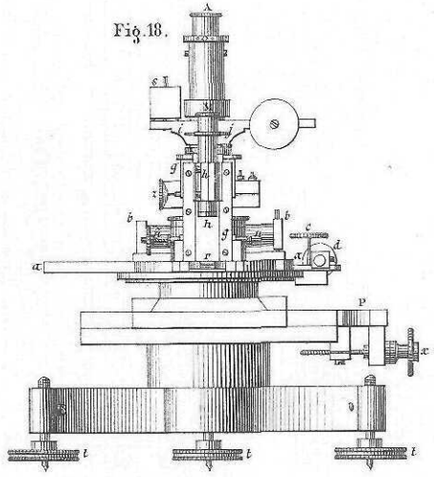


Fig.22.

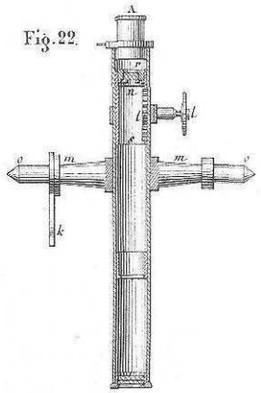


Fig.30.

Fig.31.

Fig.32.

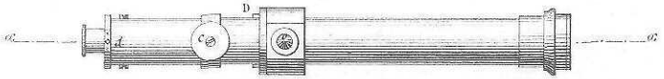


Fig.33.

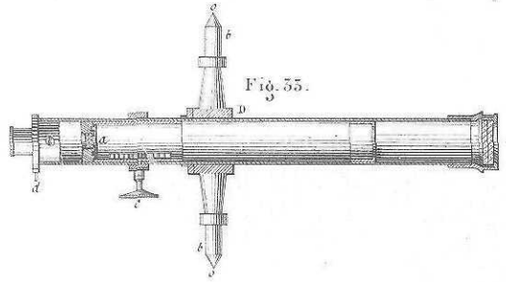


Fig.25.

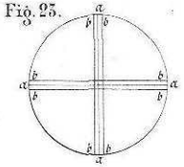


Fig.17.

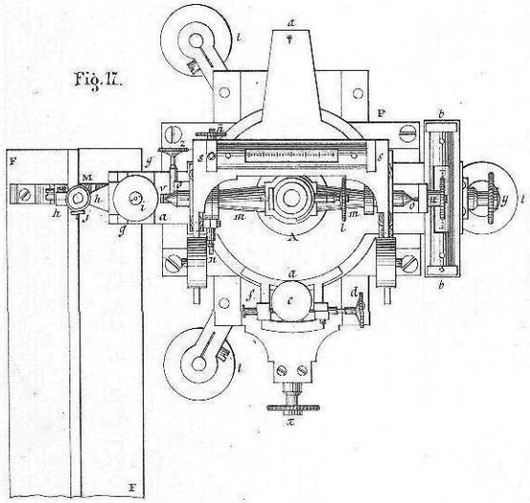


Fig.21.

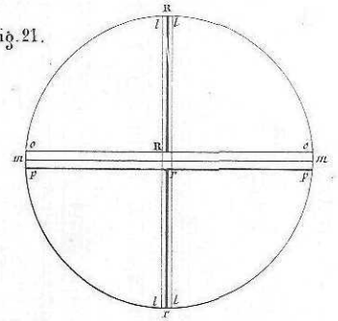


Fig.26.

Fig.24.

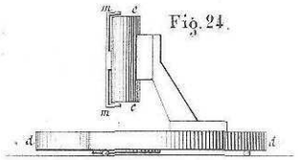


Fig.19.

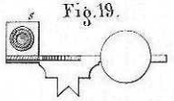


Fig.28.

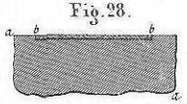


Fig.20.

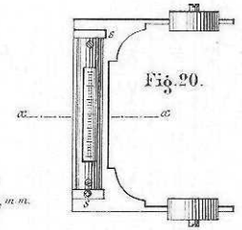


Fig.29.

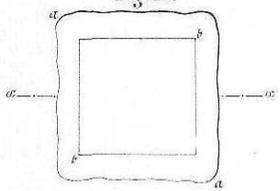
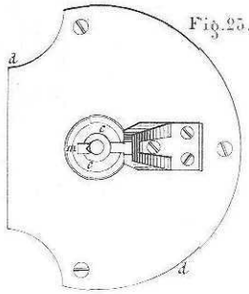
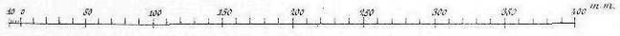


Fig.27.

Fig.23.



Escala de $\frac{1}{5}$ para las fig.16 à 20, 22, y 24 à 33.



Microscopio Oeste

Microscopio Este

Fig.34.

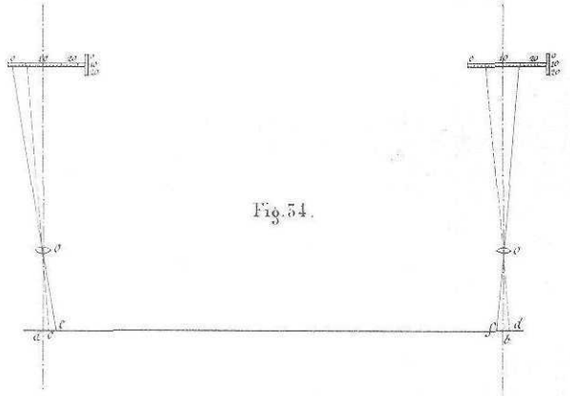
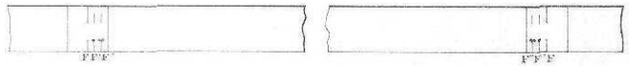


Fig.35.



Lit. del Depósito de la Guerra.

A. Cerona g.º

NOTICIA

SOBRE LA

INEFICACIA DE LOS MEDIOS ORDINARIOS DE VENTILACION

QUE SE EMPLEAN

EN LOS ALMACENES DE POLVORA A PRUEBA

APLICADOS A LOS TIEMPOS DE PAZ

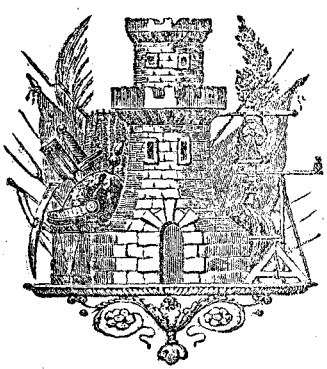
como consecuencia de lo observado en el que se construyó

EN CADIZ EN 1862.

Por el Teniente coronel graduado

DON RAFAEL CERERO Y SAENZ

COMANDANTE DE INFANTERIA, CAPITAN DE INGENIEROS.



MADRID.

Imprenta del Memorial de Ingenieros.

1869.

La voladura que ocurrió en la Habana en 1859 de un almacen de pólvora y la que algunos meses despues acaeció en esta plaza de algunas bombas que se descargaban en la Maestranza de Artillería, situada á no mucha distancia de los grandes almacenes que aquí existen, causaron tan profunda alarma en todo el vecindario de esta poblacion, que unidos gran número de sus habitantes á la corporacion municipal, solicitaron del Gobierno de S. M., por conducto de la autoridad superior civil de la provincia, la demolicion ó inutilizacion de los espresados almacenes.

Accediendo el Gobierno á los justos deseos de la poblacion y no olvidando tampoco la necesidad de atender á los medios de tener siempre preparada en una plaza de guerra de la importancia de Cádiz, las cantidades tan crecidas de esta materia que de un momento á otro pueden hacer falta, dispuso entre otras cosas concernientes al asunto, que por el Cuerpo de Ingenieros se formára el proyecto para la construccion de dos almacenes de 140.000 kilógramos de capacidad cada uno, y un cuerpo de guardia para la debida custodia de aquellos, que debian situarse pasado el arrabal de San José; y en la inteligencia de que ambos se destinaban para contener la pólvora en tiempo de paz, pues para el estado de guerra se conservaban los dos existentes dentro del recinto, además de los que hay en la isla de

San Fernando y de los diversos repuestos distribuidos en las baterías.

Sobre la situacion que debian tener los nuevos almacenes, no cabia duda de ningun género, siendo el único terreno disponible (figura 1.ª) el comprendido entre la poblacion de San José y el fuerte de la Cortadura por los lados del E. y O., cerrado por los del N. y S. por los caminos de hierro y ordinario que parten de esta plaza á la capital del reino.

La impermeabilidad de toda esta estension de terreno, por lo inmediata que se encuentra la capa de arcilla por debajo de la arena voladera y escasísima tierra vegetal que la cubre, y su reducida elevacion sobre el nivel del mar, hacen que durante el invierno se queden encharcadas en él las aguas de lluvia, sin que su altura permitiera proyectar cañerías de *arainage* para desecarlo, ni lo costoso y problemático de la operacion justificára la construccion de un pozo absorbente, único medio de conseguirlo, si estudios geológicos preliminares hubieran dado algunos indicios sobre probabilidad de obtener buen éxito; pero precisamente sucedia lo contrario, pues ensayos hechos algunos años antes para dotar á la plaza de aguas potables por medio de pozos artesianos y abandonados antes de tiempo, por no haberse dirigido con el mejor método, demostraron que la capa de arcilla azul en que descansa la isla Gaditana tenia más de 200 metros de espesor.

En atencion á estas dificultades, se propuso crear un terraplen impermeable de 1 metro de altura que formase un emplazamiento enteramente seco, en que situar el almacen y alejase las aguas á 8 ó 10 metros de distancia del muro de cerca, sobre el cual se elevaba aun su pavimento interior de tablas 1 metro más, para facilitar la ventilacion inferior y mantenerlo enteramente seco. Por las razones espresadas, así como por lo que hubo que descender las escavaciones de los cimientos, la altura de los muros hasta el pavimento desde el fondo de aquellos resultó mayor todavia que la interior del almacen, contribu-

yendo á aumentar el crecido gasto que las fundaciones originaron, la necesidad de hacer todas estas mamposterías hidráulicas para impedir que la permeabilidad de los muros llevára á su interior la humedad, elevando por la accion capilar el agua que absorbieran del terreno.

Las figuras 2.ª á la 9.ª manifiestan los planos de situacion y de detalles de los almacenes y cuerpo de guardia. Su inspeccion dá á conocer, que en vista de que solo se destinaban á emplearse en tiempo de paz, no se adoptó el sistema de construccion á prueba de bomba que comunmente se usa en estos edificios: sinó que antes por el contrario, tratando de aminorar las desgracias que producen las esplosiones y obtener al mismo tiempo la mayor economía posible en los gastos de construccion, se les hizo todo lo ligero que fué compatible con la seguridad del delicado material que debia contener. Los muros de mampostería hidráulica en los cimientos y ordinaria en la parte superior, tienen $0^m,80$ de espesor hasta el zócalo y $0^m,45$ en el resto de su altura, reforzándolos interiormente con contrafuerte de $0^m,20$ de salida que correspondian á la situacion de las cerchas de la armadura. Estas, con un punto de apoyo en el centro de los pares, producido por una tornapunta normal á su longitud, es de madera y hierro, siendo aquellos del primer material y del segundo toda la triangulacion. Motivos de economía y la dificultad de encontrar piezas de hierro adecuadas para aquellos, impidieron que de este material se formára toda la cercha, lo cual ha habido despues que deplorar. La cubierta se formó de ladrillos sobre viguetas y alfagías, de la manera empleada en la localidad para formar las azoteas.

El plano y los perfiles convenientemente acotados, dan á conocer todas las dimensiones generales y la situacion adoptada para las puertas, ventanas y ventiladores, en la construccion de todos los cuales se emplearon las precauciones que para esta clase de edificios están prevenidas.

Un año próximamente se invirtió en ejecutar la obra, que

solo comprendió uno de los dos almacenes del proyecto y el cuerpo de guardia, dejando para más adelante la del segundo, y apenas terminada se entregó al Cuerpo de Artillería, que trasladó á él inmediatamente las existencias que tenia en los almacenes de la plaza.

Habian manifestado siempre, el Comandante de esta arma y los demás Oficiales de dicho Cuerpo que se hallaban en la plaza, grandes temores de que en aquel emplazamiento pudieran evitarse los inconvenientes de la humedad, y no tardaron mucho en espresar que la esperiencia lo iba demostrando, si bien no se presentaban efectos de ello en la pólvora que contenia, muy poca á la sazon, por estar casi toda en los almacenes de San Fernando y atribuirlo principalmente á la humedad que podria provenir de la evaporacion del agua de los morteros, siendo la obra de fecha tan reciente.

Sin embargo, á los cuatro años de terminado, cuando ya los muros estaban completamente secos y por otra parte llenos todos los almacenes de la isla Gaditana, llegaban todavía nuevas remesas de pólvora y fué preciso colocarlas en él hasta llenarlo. Como la escuela práctica de artillería situada en Torre Gorda se abastecia de éste por ser el más próximo, pudo notarse bien pronto que las pólvoras se alteraban al poco tiempo de almacenadas, de lo cual dió cuenta en seguida el Comandante de Artillería, pidiendo que se hiciera un reconocimiento para averiguar la causa del hecho observado. Efectuado inmediatamente pudo observarse, que todo el tercio superior de la cubierta estaba completamente mojado y cubierto de una vegetacion de hongos escesivamente abundantes, mientras que en los dos tercios inferiores de cada lado, se presentaban todas las maderas como al terminarse la obra. Los muros completamente secos; la cubierta no ofrecia ninguna gotera y el pavimento de tablas en perfecto estado de conservacion, si bien se notaban en el eje longitudinal del edificio las señales de una lluvia fina reciente y que por el estado de las tablas debia de provenir ya de

largo tiempo. La época no era de lluvias y sin embargo se notaban algunas gotas pendientes de la cumbrera longitudinal de la armadura y próximas á caer.

Se comprendió desde luego que el sistema de ventilacion adoptado en los almacenes á prueba, no basta para los de cubiertas sencillas; y para poder examinar detenidamente el daño ocasionado, y proceder á su reparacion, se juzgó indispensable desocuparlo y dejarlo algun tiempo enteramente abierto para que se secáran algo las maderas.

Hecho un detenido reconocimiento pocos dias despues, se encontraron las alfagías completamente podridas; en las viguetas superiores, ya bastante adelantada la marcha de la putrefaccion; y la estremidad superior de los pares, empezaban á presentar señales bastante evidentes de seguir en breve la misma marcha.

Como este es el primero de esta clase construido en España y es probable que en lo sucesivo ocurran algunos otros que hacer, importa averiguar con claridad las causas que han originado esta ruina prematura, para poder adoptar las precauciones convenientes en los nuevos proyectos que ocurran y evitar que se reproduzca el mismo hecho que aquí se ha observado.

La causa principal es debida, á que en la necesidad de dejar los ventiladores cubiertos por el muro de cerca para evitar accidentes, y no acostumbrándose por economía á darle más de 3 metros de altura, no quedan colocados aquellos á la conveniente para que se renueve el aire interior en toda la altura del edificio. La humedad relativa del aire en esta localidad, es por lo general considerable escepto cuando reinan levantes en los meses de verano. Por otra parte, la renovacion de este en edificios que, como los almacenes de pólvora, no presentan durante muy largas temporadas más aberturas que sus pequeños ventiladores recodados y cerrados esteriormente con telas metálicas ó alambrados, debe hacerse con la suficiente lentitud para per-

mitir que el vapor de agua que contiene el aire, ocupe con respecto á este el puesto que le señala sus diferencias de densidades: de aquí que el estado higrométrico varie dentro del edificio en sentido vertical, siendo tanto mayor la cantidad de vapor de agua que contiene, cuanto más elevado con respecto al pavimento sea el punto en que se determine dicha cantidad ó estado.

La necesidad de dejar colocados los ventiladores cubiertos por el muro de cerca como ya se ha espresado para evitar accidentes, y los límites que generalmente se asignan á estos muros por razones de economía, fué causa de que aquellos no quedasen á la suficiente altura para que la renovacion de aire que con ellos se obtuvo, comprendiera á todo el volúmen del espacio interior en sentido vertical, y de aquí que al cabo de cierto tiempo, esta capa de aire superior que nunca se renueva y en la que vá acumulándose total ó parcialmente el vapor de agua que introducen las corrientes inferiores, llegue al punto de saturacion.

Tratándose de almacenes á prueba de bomba, como los que hasta aquí se habian construido, en los que la cubierta está formada de materiales muy malos conductores del calórico y en los que así á esta como á los muros que la sostienen se dán espesores muy considerables, los fenómenos anteriores no producen resultados desfavorables:—1.° Porque siendo la temperatura interior constante é independiente de las contínuas alteraciones que esperimenta en el esterior por la ley de la variacion diurna, no puede haber lugar á condensaciones.—2.° Porque el contacto de las mamposterías que forman la cubierta, con una atmósfera saturada de humedad, no perjudica á su conservacion.—Y 3.° Porque ocupando la pólvora apilada solo una parte muy pequeña de la altura total, solo se utiliza el espacio que en sentido vertical tiene las mismas ó mejores condiciones higrométricas que el aire esterior.

Pero cuando aquellas bóvedas se han reemplazado por una

cubierta ordinaria, cuyo espesor apenas llega á la quinta parte del que aquellas tienen, la influencia de la temperatura esterior se trasmite casi integra al interior, y por consiguiente el descenso de ésta, que diariamente se verifica desde la puesta del sol hasta su salida en el inmediato, produce una condensacion en la parte superior de la superficie interior de la cubierta y una pequeña lluvia ó rocío, debida á las gotas de agua que adquieren demasiado volúmen para quedar adheridas á aquella. Es indudable que la masa de aire superior no estará ya saturada al siguiente dia cuando llegue la hora del máximo de temperatura; pero entonces la lluvia de la noche anterior vuelve á evaporarse, y unida esta cantidad de vapor á la que contiene el aire que se va renovando por los ventiladores, saturan de nuevo la masa superior para reproducir durante la noche el fenómeno de la condensacion.

De este régimen que se establece en las condiciones higrométricas del aire interior de estos almacenes, se deducen dos consecuencias importantes:

1.ª Que las maderas colocadas en la parte superior de la armadura están constantemente sumergidas en una atmósfera húmeda y oscura, cuya temperatura se eleva durante las horas del sol á mas de 40°, descendiendo por la noche lo suficiente para envolverlas en una capa de agua líquida, y á cuya renovacion no se atendió de una manera conveniente.

Precisamente estas tres condiciones, *calor*, *humedad* y *falta de ventilacion*, son las que se requieren para desarrollar la fermentacion de la materia azoada que contienen las maderas y origina su pudricion, bastando que falte una de ellas para que en vez de manifestarse ésta, se conserven por el contrario indefinidamente segun demuestra la esperiencia, pero manifestándose con asombrosa rapidez cuando se reunen de una manera permanente.

Contribuye á acelerarla, la vegetacion que se presenta casi siempre en las maderas de alguna especie de la familia de las

Criptógamas, en cuanto empiezan aquellas á alterarse y á lo cual en algun tiempo se atribuyó la causa de la pudricion: pues á pesar de ser estas plantas de las que ocupan un lugar más inferior en la escala del reino vegetal y de la importancia que da á su estudio la accion destructora que ejercen por todas partes las notables discordancias que presentan con respecto á los demás vegetales y las infinitas variedades que se presentan en cada una de las diversas especies que la constituyen, ha dificultado de tal manera su estudio, que aun en el dia dista mucho de ser completo.

Se cree actualmente que los espórulos ó semillas á que deben su nacimiento estas plantas, especie de polvo estremadamente ténue é invisible, que flota en la atmósfera y es arrastrado por las corrientes de aire por muy poca intensidad que tengan, se deposita sobre todas las superficies en que choca, germinando y desarrollándose cuando cae en una sustancia que, teniendo los elementos necesarios para su nutricion, reune además las condiciones atmosféricas que requiere su existencia.

Ahora bien; la fermentacion ácida que producen en las maderas las tres condiciones anteriormente enunciadas, las prepara del mismo modo que el arado y los abonos á los terrenos que se van á sembrar. Cuando la semilla llega y la vegetacion se desarrolla, es evidente que debiendo sostenerse á costa de los elementos que constituyen la madera, la pudricion y desaparicion de esta se propagará con tanta más rapidez cuanta más activa sea aquella.

Reunidas aquí además las condiciones atmosféricas que requiere la vida de los hongos y son *temperatura elevada*, *humedad constante* y la *falta de luz*, producida por no abrirse casi nunca las ventanas, no tardó en desarrollarse la planta, y como escesivamente higrométrica introdujo en el interior de la madera la humedad por sus raices, haciendo penetrar la fermentacion hasta atravesar toda la seccion de las piezas.

Estas han sido el orígen y las causas del desarrollo y rápida

propagacion de la pudricion de la parte superior de la armadura, daños no fáciles de prever, ni por consiguiente de evitar al hacer el proyecto y construir el almacen, por la falta de datos prácticos sobre el alcance de la influencia de los ventiladores, puesto que en los á prueba de bomba no se habia observado nada que permitiera determinar hasta dónde llegaba su esfera de accion en sentido vertical.

2.ª Que la evaporacion producida durante el dia del agua condensada y desprendida desde la cubierta sobre el eje longitudinal del pavimento, aumenta considerablemente el grado de humedad de las capas inferiores de aire, en las que están colocadas las pólvoras, siendo esta la causa del rápido deterioro que se ha observado en ellas.

Segun ya anteriormente se ha dicho, aunque en los almacenes á prueba exista la misma falta de renovacion de aire en las capas superiores que están en contacto con la clave de la bóveda, la invariabilidad de la temperatura interior, consecuencia del espesor de la cubierta y del gran obstáculo que presenta para dar paso al calor, tanto de dentro á fuera como vice-versa, impide la formacion del rocío nocturno; y no obstante que la masa superior de aire contenga mucha más humedad relativa, como las pólvoras se encuentran depositadas en la parte inferior, no se comunica á aquellas este esceso de humedad, ni por consiguiente ha habido motivo que obligase á fijar la atencion sobre esta manera incompleta de efectuarse la ventilacion, hasta que introducidos nuevos elementos en el problema, han producido otros resultados que condujeron á un estudio más detenido de él.

Descritos los dos hechos observados en el nuevo almacen construido para tiempo de paz en el arrabal de San José de esta plaza y esplicadas las causas que la han dado orígen, indicaremos las precauciones que deben adoptarse para evitarlos en los que sucesivamente hayan de construirse. Conviene observar

desde luego que el primero es el más importante y el que ha ocasionado el principal mal, y por consiguiente corregido hace desaparecer tambien el segundo, solo una consecuencia de aquel. Igualmente interesa tambien llamar la atencion acerca del buen estado en que se han encontrado los muros y el pavimento de madera, prueba cierta de que las precauciones adoptadas para impedir la absorcion de la humedad por la capilaridad de aquellos y para establecer una ventilacion conveniente de este, han correspondido en sus resultados á lo que se trataba de obtener.

Conforme se manifestó en otro lugar, es indispensable para que se desarrolle la fermentacion de la madera, la reunion de las tres condiciones espresadas, bastando suprimir una para hacer indefinida su duracion. De ellas las que se refieren á la temperatura y á la humedad, dependen más ó ménos directamente de la renovacion del aire y cualquiera modificacion ventajosa que se introduzca en esta, reacciona favorablemente sobre las otras dos; como por otra parte tambien es la que con más facilidad se presta á ser atendida, es indudable que en satisfacerla de una manera adecuada estriba la supresion de todo el mal que se quiere remediar.

Tratándose de nuevos proyectos en que las construcciones existentes no establezcan ninguna sujecion, el primer sistema que se presenta es averiguar hasta qué altura se estiende la eficácia de un ventilador por encima de él y situarlos una cantidad inferior á este límite por debajo del caballete del tejado. En el caso que motiva este escrito, se ha observado que podia adoptarse con toda seguridad la cantidad de $2^{m},00$ para este límite, y teniendo en cuenta la altura del caballete sobre el tirante de la armadura y el espesor de la cornisa, seria posible colocarlo inmediatamente debajo de esta, para que cumpliese la condicion de renovar todo el aire del interior. Pero este medio, que no seria aceptable en cuanto la armadura tuviese mayor pendiente, es muy costoso por la necesidad de dar mayor

altura á la cerca en todo su desarrollo hasta que los ventiladores quedasen cubiertos.

Más eficaz indudablemente es el proporcionar salida al aire encerrado en la parte superior, por medio de pequeñas lucernas ó chimeneas colocadas sobre el mismo caballete del tejado, y en diversos puntos de su longitud; pero como estas tienen que quedar á la vista y espuestas á que por malicia ó ignorancia pudieran servir para arrojar dentro del almacen alguna materia que inflamára las pólvoras que contengan, necesario es disponerlas de modo que se haga imposible el conseguirlo, segun sucede con los ventiladores comunmente empleados.

Las figuras 10, 11 y 12 indican algunas disposiciones de las que pueden adoptarse con este objeto y en las cuales se procura: 1.° Impedir la introduccion por la desembocadura de la chimenea, poniéndole una cubierta general más elevada sostenida por pies derechos y cerrando los costados laterales con telas metálicas: 2.° Prolongar el conducto hasta por debajo del pavimento, para que si por algun incidente imprevisto penetrára algo, descienda hasta un punto que nada haya que temer.

En la figura 10 las chimeneas están colocadas en los muros del testero con una abertura debajo del caballete para dar salida al aire: esta disposicion no permite situar más que dos, y si por las dimensiones del almacen no se conceptuáran suficientes y hubiera necesidad de poner alguna intermedia, puede adoptarse la de la figura 12, en la cual se observa que la chimenea de palastro se prolonga interiormente hasta el pavimento, taladrándola en su parte interior más elevada, para permitir la salida del aire. Esta segunda disposicion tiene la ventaja de prestarse á la colocacion de los para-rayos encima de la cubierta de la chimenea, situando estas en los puntos adecuados ó elegidos para las agujas.

Como medida complementaria, y para impedir la vegetacion sobre las maderas, debe adoptarse alguno de los diversos procedimientos empleados para su conservacion, bien sea el de

carbonizar sus caras aparentes, bien el de absorcion ó inyeccion de alguna de las sustancias que para este fin se han ensayado, ó bien, por último, cubriéndola con tres manos de pintura al óleo.

La figura 13-14 representa un corte trasversal del almacen en la escala de $0^m,025$ por metro; en la mitad de la izquierda, núm. 13, la parte rayada de negro indica el estado de adelanto de la putrefaccion de la madera, y en la mitad de la derecha, núm. 14, se ha espresado el sistema de reparacion propuesto.

La inspeccion del dibujo da á conocer, que la alteracion de las maderas se estendió á los pares de las cerchas, viguetas y alfagías con intensidades proporcionales á su escuadría.

En los primeros, el daño se concretó á su estremidad superior, y aunque no penetra mucho la pudricion en los puntos en que ya se manifiesta declarada, sin embargo, todo el tercio superior tiene el aspecto de la madera recalentada y falta de consistencia que presentan las que llevan largos años de estar á la intemperie. Para darle á esta parte de los pares la resistencia que han perdido, se propone (figura 15) embutir en cada uno de sus paramentos verticales una plancha de hierro de las dimensiones convenientes, para que entre las dos ofrezcan la misma resistencia que aquel. Se enlazan entre sí por medio de los pernos *a a* y de las piezas *b b*, de modo que viene á formarse como una viga hueca de hierro que reemplaza á la de madera. Esta queda solo como un relleno que dá más estabilidad al conjunto y que fácilmente puede estraerse y renovarse en caso de que la pudricion amenazára continuar progresando con rapidez y comunicarse á la parte sana.

Con respecto á las cuatro viguetas superiores de cada lado y á la cumbrera central, preciso es reemplazarlas por piezas nuevas, pues si bien la pudricion no es completa, profundiza demasiado en los puntos invadidos y no ofrece garantías de seguridad, porque no tardarian mucho en quedar del todo inútiles. Podrá utilizarse una gran parte de ellas, sin embargo, en

la sustitucion de las alfagías correspondientes á toda esta seccion, pues en ellas la desorganizacion de la madera ha llegado ya á su completo desarrollo.

Así pues, la reparacion está reducida á levantar la cubierta con el suficiente cuidado para volver á utilizar el material, en la estension de dos metros por cada lado á partir del vértice; quitar las alfagías y viguetas de esta parte para reemplazarlas por otras nuevas despues de reforzar las cerchas del modo indicado, volviendo á colocar de nuevo los materiales de la cubierta.

En cuanto á los medios de atender á la ventilacion superior se propuso como lo más sencillo y ejecutó tan luego como recayó la aprobacion superior, la colocacion de la ventana *c* en cada muro de testero, cerrada esterior é interiormente con telas metálicas y cubierta por el primer lado con una pantalla semicilíndrica de palastro, segun manifiestan las figuras 16 y 17, suspendiendo la colocacion de las chimeneas sobre el caballete hasta estudiar el efecto que estas produzcan para ampliarlo con aquellas en caso de que no den el resultado apetecido ó se consideren que no resguardan suficientemente el material interior.

Por último, se propuso tambien pintar todas las maderas con tres capas de pintura al óleo, para quitar todo temor de que la vegetacion se reproduzca, en el caso poco probable de que la ventilacion no fuera de tanta eficacia como se cree y ofrezca en todo caso garantías de nuevos accidentes, mientras no se aplicáran disposiciones mas enérgicas.

No habiéndose podido efectuar la reparacion de la cubierta todavía, no es posible manifestar comprobadas por la esperiencia la exactitud de las esplicaciones que se presentan; sin embargo, como las aberturas superiores se han ejecutado hace ya algunos meses y despues de limpias las maderas la vegetacion no ha vuelto á reproducirse, y se encuentran cada dia más secas, pueden abrigarse fundadas esperanzas de que llegarán á verse completamente sancionadas y que la reparacion propuesta

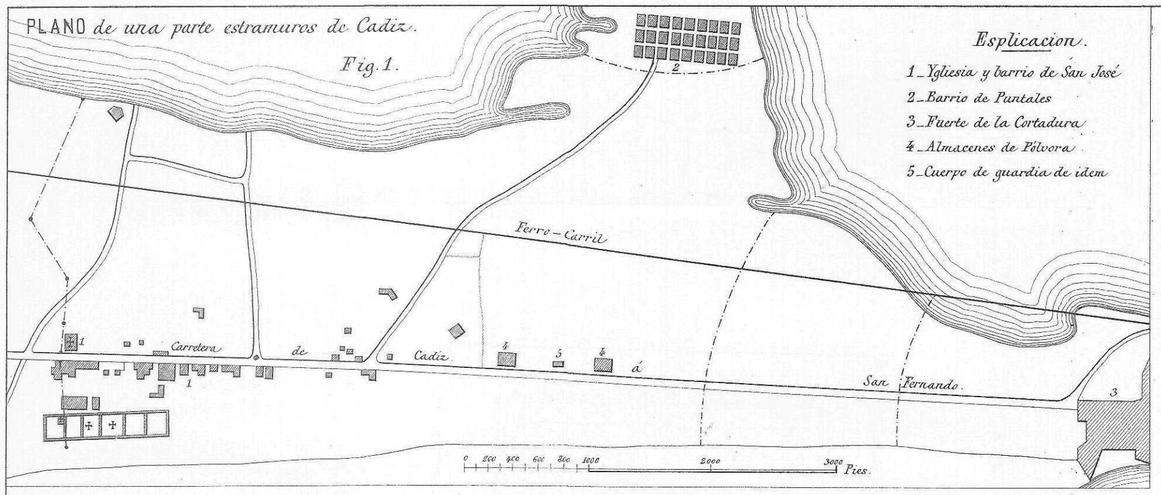
satisfará tambien su objeto, quedando el almacen con todas las condiciones de resistencia y de buen estado higrométrico para contener las pólvoras sin que se averien en lo sucesivo.

Cádiz, 7 de Noviembre de 1868.

FIN.

PLANO de una parte estramuros de Cadiz.

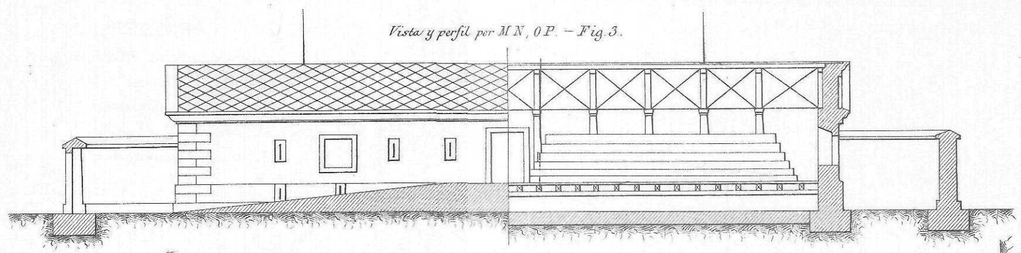
Fig. 1.



Esplicacion.

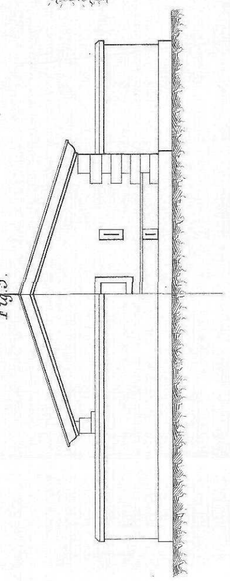
1_Yglesia y barrio de San José
2_Barrio de Puntales
3_Fuerte de la Cortadura
4_Almacenes de Pólvora
5_Cuerpo de guardia de idem

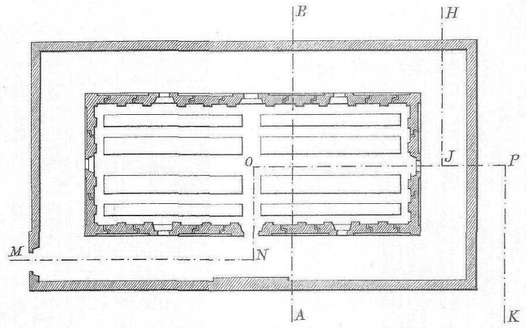
Vista y perfil por M N, O P. – Fig. 3.



Vista por K P, J H.

Fig. 5.





Planta del Almacen.

Perfil por A B.

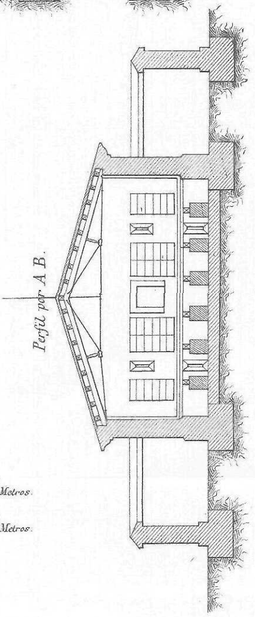


Fig. 4.

Para los alzados.

Escalas { 0 1 2 3 4 5 10 15 20 Metros.
0 1 2 3 4 5 10 20 30 40 Metros.

Para las plantas.

Vista por L M.

Fig. 9.

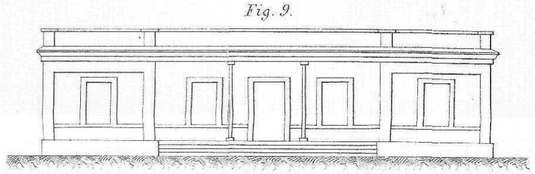
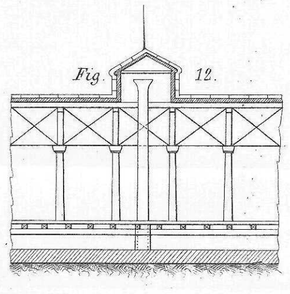
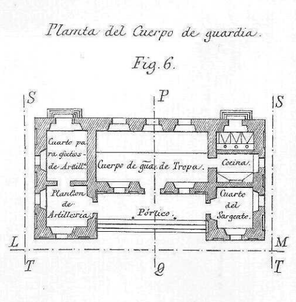


Fig. 12.



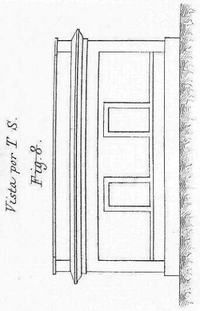
Planta del Cuerpo de guardia.

Fig. 6.



Vista por T S.

Fig. 8.



Perfil por Q P.

Fig. 7.

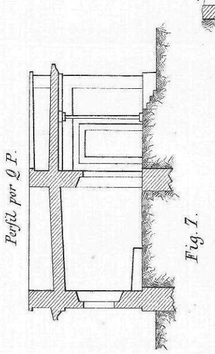
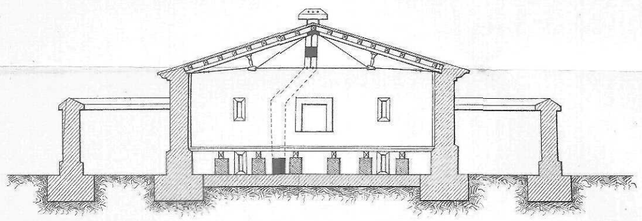


Fig. 10.



Perfil transversal del Almacen.

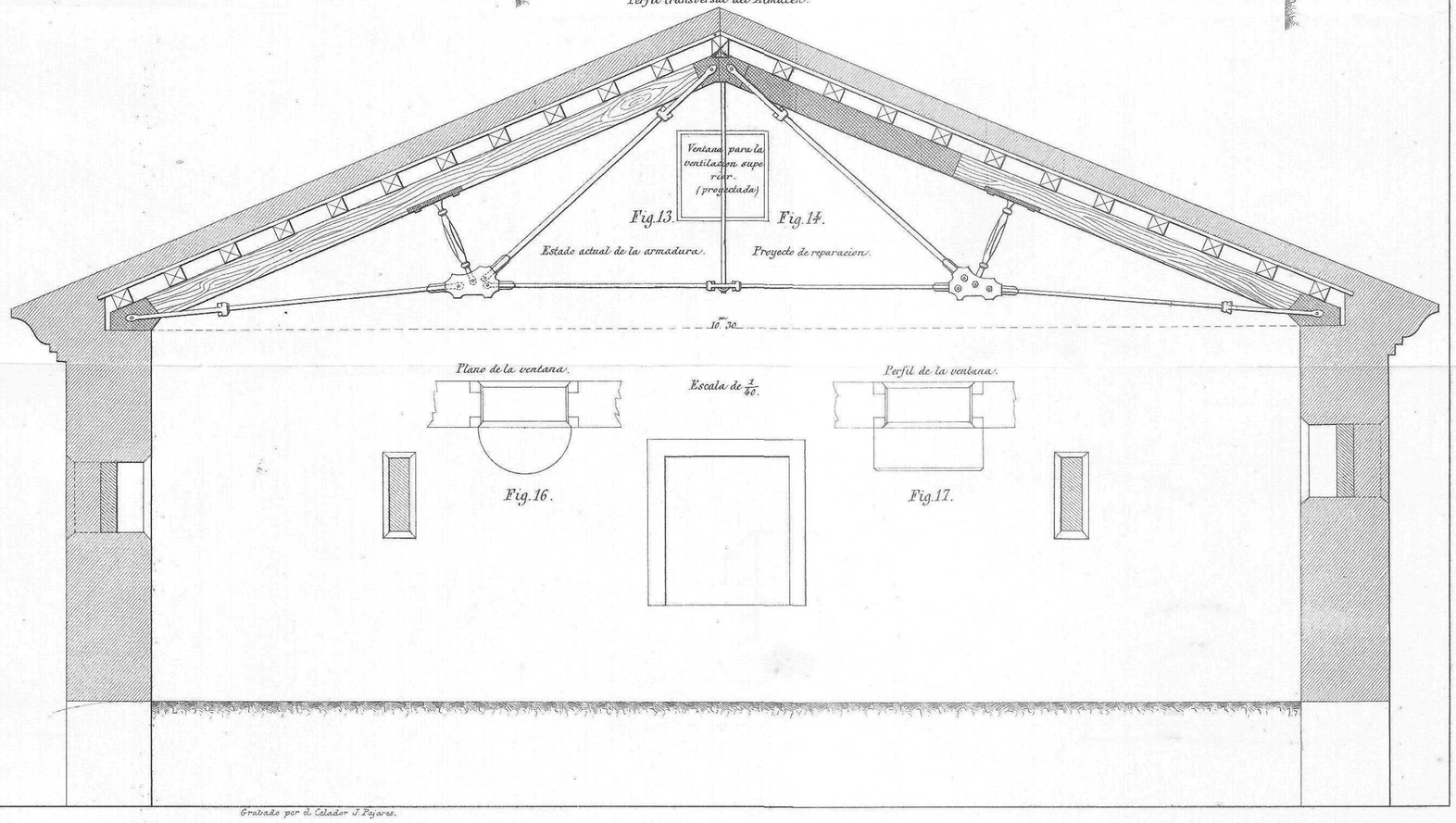


Fig. 13.

Fig. 14.

Plano de la ventana.

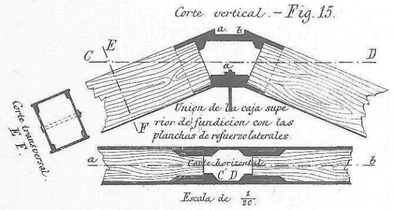
Fig. 16.

Escala de $\frac{1}{40}$.

Perfil de la ventana.

Fig. 17.

Corte vertical. – Fig. 15.



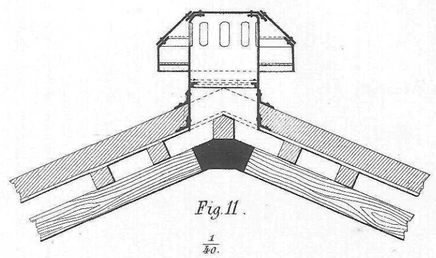


Fig. 11.

$\frac{1}{60}$.

Grabado por el Celador J. Pajares.

ESPERIENCIAS DE TIRO

EN EL

CAMPO DE MAGUNCIA.

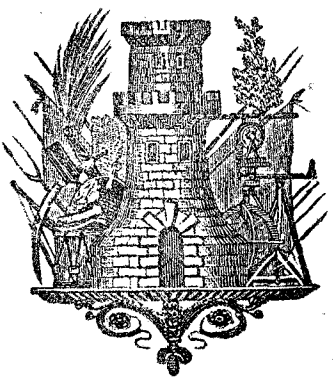
Publicadas en el Memorial de Ingenieros austriaco de 1868

POR EL CAPITAN

GUILLERMO RÖSSLER.

Traduccion por el Teniente

DON JOSÉ DE LA FUENTE.



MADRID.

Imprenta del Memorial de Ingenieros.

1869.

ESPERIENCIAS

SOBRE

EL MONTAGE DE ARTILLERIA Y CASAMATA DE SCHUMANN,

hechas en Mayo de 1866 en el campo de Maguncia.

(Véanse las láminas.)

La Confederacion Germánica habia consignado algunas sumas para establecer un campo de esperiencias de tiro al blanco, á propuesta del Capitan de Ingenieros prusiano Schumann, debiéndose ensayar al propio tiempo una cureña inventada por este oficial y construida á espensas de la Confederacion.

Estos ensayos tuvieron lugar poco antes de estallar la guerra del año pasado; el interés que inspiran y la imposibilidad de publicar la Memoria de la Comision, nombrada al efecto antes de que empezára la guerra, escitaron el deseo general de conocer sus resultados aun despues de terminada ésta, por cuyo motivo fuí invitado con instancia á redactar una sucinta Memoria sobre dichas esperiencias, con presencia de los datos y apuntaciones que, como individuo de la Comision, tenia en mi poder, debiendo dar cuenta asimismo de todas las esperiencias de tiro que se hiciesen.

Debo confesar que en el primer momento me asaltó la duda de que habiendo compuesto la Comision citada oficiales de países diferentes, no era de mi esclusiva competencia la publicacion de semejante Memoria; pero me decidí á ello, no solo por que consideré casi imposible que se volviesen á reunir los individuos de la Comision, dispersos ya en diferentes partes del

mundo, sino porque el ejército austriaco no careciese de las ventajas que el conocimiento de estas esperiencias pudiese reportarle.

De esta manera respondia tambien al deseo general de los oficiales estranjeros que habian asistido á ellas, puesto que publicada la Memoria en el periódico del Comité de Ingenieros de Austria quedaba de hecho en el dominio del público.

El Capitan Schumann se ha dedicado especialmente á estudiar el empleo del hierro en las fortificaciones; sus numerosos proyectos sobre esto, demuestran la estension de sus conocimientos, y sus viajes á Inglaterra y sus relaciones con los fabricantes de hierro, le animaron á no abandonar el camino emprendido: los ensayos que presenció en aquel país, así como los que tuvieron lugar en Steinfeld, cerca de Viena, le estimularon mas aun á la formacion de un proyecto para reducir al mínimo la abertura de las cañoneras y para establecer las variaciones necesarias en el acorazado de sus frentes y de sus cubiertas ó blindages.

La abertura mínima de las cañoneras, exige un sistema de montage esencialmente diferente del que hasta ahora se ha usado en las plazas fuertes y en su consecuencia presenta el autor un proyecto de cureña apropiado para el caso. Prévio el consentimiento de su Gobierno se presentó con ambos proyectos á la Comision militar de la Confederacion en Francfort, la cual, examinado que hubo estos trabajos, alcanzó de la Asamblea la autorizacion para hacer las esperiencias y 3.000 florines como auxilio, nombrando al propio tiempo una Comision cuyo presidente fué el Coronel de Artillería austriaco Cárlos Hofman Donnersberg. Los demás individuos de ella eran, el Comandante de Ingenieros prusiano de Gärtner, el Capitan de Ingenieros bávaro Faber y el Capitan de Artillería prusiano Sander.

Las esperiencias tuvieron lugar en el gran arenal de Maguncia, del 7 al 18 de Mayo de 1866, habiéndose construido la casamata de mampostería en Marzo y á principios de Mayo el

blindage de hierro, colocando la cureña que habia sido construida en la fábrica Römheld, en Gartenfelde.

Antes de entrar en la descripcion de las esperiencias, paréceme oportuno dar una idea del discurso pronunciado por el Capitan Schumann el primer dia ante la Comision y otros varios espectadores, pues de esta manera puede tenerse una idea más clara de las esperanzas que abrigaba respecto de su proyecto.

El exámen de las esperiencias de tiro hechas hasta el dia contra cañoneras cubiertas demuestra que los proyectiles deben dirigirse contra el muro de frente; que las cubiertas se hallan muy poco espuestas á causa del pequeño espacio que ocupan y de la poca certeza del tiro de los morteros; que lo más temible es el fuego por elevacion de las piezas de sitio, además de que las bombas apenas las deterioran si están formadas con barras de hierro en forma de *T* de $0^m,274$ de altura, segun se ha demostrado en las esperiencias de esplosion de bombas sobre blindages verificadas en Maguncia y Colonia, pues los medios de destruccion en las fortalezas por la gruesa artillería rayada, son muy superiores á los medios de defensa empleados hasta ahora, y por lo tanto, deben ser perfeccionados más y más cada dia; y puesto que las partes más vulnerables son los frentes de las cañoneras, á reforzar éstas debe dirigirse con preferencia la atencion de los ingenieros.

En la cubierta disminuye la seguridad cuando las *T* de hierro se colocan en sentido perpendicular al eje de la cañonera, pues entonces resultan los hierros de una longitud demasiado grande en el ángulo formado por las caras de la misma; pero este inconveniente se ha evitado por el Capitan Schumann colocando las *T* paralelas al eje espresado, en cuyo caso ya no tiene influencia alguna la abertura de las caras sobre la solidez del blindage; tambien considera de mucha importancia reforzar el muro de frente. Los que hasta ahora se han construido de sillería ó de mampostería, con coraza ó sin ella, presentan todos al enemigo una abertura demasiado

grande. En todas las esperiencias ocurrió que alguna bala daba siempre en esta abertura. La piedra más escogida es completamente inútil para esta aplicacion, y de aquí el empleo del hierro, cuyo material ha sido tan ensayado para las corazas de todas clases y dimensiones. Brown, de Sheffield, ha presentado la más perfecta que hasta ahora se conoce, no teniendo rivales sus planchas de hierro batido y laminado, de $0^m,100$ de espesor, remitidas á San Petersburgo en 1863 y á Berlin en 1864, y aunque hubiera sido de desear que el espesor fuese de $0^m,133$, nadie, sin embargo, ha aventajado esta fabricacion. Por esta razon se le encargó la plancha de $3^m,133$ que ha servido para estas esperiencias. En esta plancha habia un agujero circular de un diámetro tal, que la boca del cañon tocase al borde esterior de la abertura, y para que la pieza pudiese girar en todos sentidos, se construyó la cureña de modo que el eje de giro estuviese en la boca del cañon, resultando así el diámetro de la abertura suficiente para que aquel pueda moverse en todas direcciones, cerrando casi por completo la espresada abertura.

La parte posterior de la cañonera, cuya longitud es de $2^m,745$ (lámina 1.ª), está construida de mampostería abovedada con una luz de $3^m,292$ y provista en los lados de pequeños nichos para colocar proyectiles y juegos de armas. El final de la parte abovedada que se une á la cubierta de hierro está cerrada con un sillar, en el cual están las cajas de asiento de las *T* de hierro.

La parte inferior y las caras de la cañonera son de mampostería hecha con cemento, y en el frente anterior hay tres dados de granito en toda la estension de la plancha de la coraza, en cuyas piedras hay unas zapatas de hierro que sujetan las seis *T* de hierro al muro de frente.

Estos hierros, sujetos por medio de escuadras y pernos á las zapatas y á las barras de la cubierta, forman el esqueleto de la cañonera.

Las *T* son de la mejor calidad, procedentes de la fábrica de Saarbrücken, y tienen $0^m,274$ de altura, $0^m,022$ de espesor el

nervio y $0^m,111$ de puente; están enlazadas por escuadras y pernos remachados contra la plancha superior del blindage; y para que se distribuyan uniformemente los efectos del choque sobre toda la obra de fábrica insisten las *T* sobre una superficie de hierro. La longitud de la parte anterior de la cañonera cubierta de hierro es de $3^m,425$.

En las seis *T* del muro de frente se apoya otra plancha de hierro de $0^m,022$, llamada *camisa ó forro* por el autor, delante de la cual existen unas barras á la Vignol enlazadas una con otra y sobre ellas la plancha del blindage. Este se sujeta á todo el sistema con ocho pernos de $0^m,067$ de diámetro y $0^m,111$ en sus cabezas semiesféricas, y para atenuar las conmociones hay debajo de cada muesca de estos pernos un pedazo de roble fuerte, unidos al *forro* y que llenan todo el espacio comprendido entre los puentes de las *T*.

La plancha del blindage, de una sola pieza, tiene $0^m,133$ de grueso, $3^m,292$ de longitud, $2^m,240$ de altura y llega hasta los machones de mampostería, los cuales, no estando cubiertos por ella, tienen por resguardo, además del doble enrejado horizontal á la Vignol, otro vertical, teniendo este último delante un *forro* de hierro de $0^m,022$ de grueso.

La union de estas partes entre sí se verifica por medio de pernos, como se ve en la lámina.

Sobre el blindage de hierro se estableció una capa de cemento apisonado y encima otra capa de tierra; y como se requiere un ángulo de puntería de 60° fué necesario abrir unos rebajos en los costados de los muros anteriores.

La cureña se compone de dobles gualderas de hierro batido, pudiéndose subir y bajar las muñoneras por medio de una rueda volante situada en uno de los costados.

El eje de giro está hácia la boca del cañon en el marco. El giro es ejecutado por el jefe de la pieza, por medio de una pequeña rueda colocada algo más atrás y puesto de pie sobre el marco (lámina 2.ª).

Para atenuar el retroceso se sujeta la cureña al marco con unas cadenas y un freno, mas no habiendo dado éste buen resultado se sustituyó con otro igual al de los trenes de caminos de hierro.

El Capitan Schumann, sin hacerse ilusiones sobre esta cureña y sin suponerla manejable en alto grado, se habia propuesto únicamente reducir al mínimo la abertura de la cañonera, puesto que su mision era solamente proponer una cureña para cañoneras blindadas, por cuya razon solo se necesitaba que fuese fuerte, manejable por poca gente, que permitiera el tiro por elevacion, que diera poco retroceso, permitiera montar y desmontar la pieza fácilmente, y por último, que pudiese adelantar y retroceder sobre el marco sin grandes esfuerzos.

En el trascurso de estas esperiencias se verá si resultan probadas estas propiedades.

Por más que muchos ingenieros nieguen absolutamente las ventajas de las cañoneras blindadas, fundados en que si entra un proyectil por la abertura queda destruido todo el servicio de la pieza, estando el muro de frente continuamente espuesto á ser destruido, sin embargo, nosotros somos decididos partidarios de ellas, siempre que se disminuya todo lo posible la abertura hasta impedir la entrada de los proyectiles y con tal que las planchas ofrezcan suficiente resistencia, porque las piezas y sus sirvientes en los parapetos y baluartes tienen siempre que temer más de los fuegos curvos del enemigo, resguardado por las ondulaciones del terreno, lo cual obliga al sitiador á llevar consigo un tren de gran potencia, aumentándose por lo tanto la lentitud y las dificultades del sitio con una ventaja proporcional para los defensores.

Si logramos, pues, demostrar que el enemigo ha de verse obligado á conducir piezas de más calibre que el de 24 (que es el más fácilmente trasportable), que no puede ofender desde lejos si no que forzosamente ha de colocarse dentro del alcance de las piezas de estas cañoneras; si además se demostrase que

el enemigo ha de desperdiciar un gran número de proyectiles de acero costosísimos y que no pueden entrar enteros por la abertura, y que los cascos de granada solo pueden penetrar en casos muy raros y escepcionales, se vendria á la conclusion de que la defensa habia recobrado su antigua superioridad sobre el ataque gracias á esta cañonera, la cual, por otra parte, tiene un campo de tiro que permite girar 30° á la pieza á derecha é izquierda del eje; no es justo negar *á priori* su mérito, sino que por el contrario deberá reconocerse que constituye un factor importante de una vigorosa defensa.

La Comision redactó, pues, un programa cuyas bases esenciales son las siguientes:

1.ª Examinar la magnitud que han de tener los merlones y las particularidades que ofrezca la cureña, tanto en sus movimientos en todos sentidos como en los disparos. A esta cureña se aplicará un cañon de bronce rayado de $0^m,16$, que se cargue por la recámara, y probándolo como pieza de casamata, como se dirá más adelante.

2.ª Disparar con fusil de parapeto y fusiles rayados desde diferentes distancias contra la abertura de la cañonera obturada por la boca de la pieza.

3.ª Bombardear la cañonera para comprobar la seguridad de los tiros de mucha elevacion á largas distancias y para poner á prueba la resistencia del blindage. Para esto se ha de colocar en la casamata una cureña alta de plaza con una pieza de $0^m,13$, con un cañon de hierro fundido de $0^m,13$, cuya boca tiene el mismo diámetro que el de $0^m,16$, destinándose ambos objetos á sufrir los efectos del bombardeo desde el terraplen del fuerte Hordenberg distante 3460 pasos.

4.ª Destruir la parte de tierra para aislar la coraza. (Segun el programa deberia ésta haberse practicado á 500 pasos, pero se alargó á 1780, atendiendo á que el enemigo trata siempre de empezar su ataque á la mayor distancia posible.)

Tambien debian dispararse algunos tiros contra la boca del cañon para observar los efectos que en él producian, y su eficacia para cerrar la abertura.

5.ª Destruccion de la coraza y del muro de frente con diferentes proyectiles y á diversas distancias.

6.ª Esperiencias sobre el freno y la cureña, tanto respecto á su resistencia al fuego enemigo, cuanto en lo relativo á los resultados de su propio efecto. Esto se consigue montando una de las piezas que ha de destruir la cañonera sobre la cureña en cuestion, y observando durante el fuego las particularidades que presenta, y al final disparar algunos tiros con la mayor depresion posible y observar los efectos producidos.

Aquí se debe hacer notar otra hipótesis de la Comision, y es la de que el enemigo tratase de hacer todo el daño posible al blindage por medio de fuegos curvos á distancia de 3000 á 3500 pasos y de desprender á menos distancia las corazas de los parapetos antes de establecer las baterías de brecha desde 1200 á 1800 pasos.

Por lo que respecta á las corazas, es difícil causarlas daño á más de 1780 pasos; pero para adquirir la seguridad de que solo puede ser destruida con piezas superiores á las de $0^{m},16$ (lo cual en verdad no es dudoso) se eligieron dos piezas de bronce de este calibre, cargándose por la recámara, en atencion á que estas deben reputarse como el límite superior de las piezas que puedan ser arrastradas con facilidad, y además porque lanzan proyectiles sólidos de acero fundido ó de hierro colado; mas como solo admiten una carga máxima de $2^{k},780$ si no se le aumenta la recámara, se decidió disminuir la distancia á 500 pasos y aun se hubiera aproximado á 250 si se hubiese creido necesario para conseguir más velocidad y más fuerza de penetracion en los proyectiles.

Estos eran balas sólidas cónicas de acero fundido, ya muy conocidas, y procedentes de la fábrica de G. Krupp (Essen) ó balas de hierro colado de H. Gruson (de Buckan, cerca de

Magdeburgo), cuyos proyectiles están haciendo en la actualidad competencia á los primeros. Además, el Sr. Krupp habia regalado cinco granadas de acero fundido, que se destinaron dos á destruir la coraza y las otras tres el paramento posterior; igualmente se trató de emplear cinco proyectiles sólidos de acero traidos de Noruega por el Sr. Duns, representante de la casa Aall.

Los de Krupp, correspondientes á las calidades primera y segunda, tienen la punta ojival y pesan con su envuelta de plomo unos $35^{k},154$. Los de Gruson tienen la punta aguda y pesan con su envuelta unos $34^{k},230$. La superficie de estas se endurece por medio de un rápido enfriamiento. Los de Duns pesan unos $31^{k},422$ y con su envuelta de plomo $39^{k},146$.

El precio de los de Gruson es de unos 7 thalers (unos 10 escudos), al paso que el de la primera calidad de Krupp se eleva á cerca de 20 thalers (29 escudos). Los cinco que Duns proporcionó para estos ensayos, costaron lo mismo que los de Krupp de primera.

La coraza estaba revestida con un parapeto de tierra, en el cual se dejó una abertura. En cuanto al revestimiento de esta abertura se vió que eran ineficaces los sacos de arena, los cestones y las faginas, adoptándose la tierra misma como el mejor de todos, como lo demostraron los ensayos de Steinfeld (Viena). Sin embargo, por via de ensayo se revistieron las caras de la abertura con cestones de alambre, puesto que la fábrica de Becker (de Limburgo) habia remitido para ello unos fuertes enrejados de hierro parecido á un tejido de alambre. Venian en forma de planchas al parecer muy fuertes y no pudieron romperse; el espesor del alambre era de $0^{m},002$ y habia nueve mallas por $0^{m},005$ cuadrados. El coste era de 9 silbergroschen (4'500 escudos) cada $0^{m},08$ cuadrados. Se arrollaron estas planchas en forma de cestones, sujetándolas con alambres, y se rellenaron de tierra apisonada. Cada ceston salió por unos 9 á 10 florines (7 á 8 escudos), precio muy elevado en verdad.

La inflamacion de las cargas se hizo con estopines de friccion, tanto por no conocerse el resultado que daria la cureña que se esperimentaba, cuanto por evitar las desgracias en los sirvientes, que se colocaron resguardados á 500 pasos de distancia al tiempo de disparar la pieza; la Comision de ensayos, se colocó en un sitio propio para la observacion, y los espectadores lo mismo, pero á unos 50 pasos al lado y 100 pasos delante del blanco y protegidos por una empalizada cubierta de tierra.

La observacion se hizo por medio de un espejo.

Como no habia tablas de alcance para distancia de 5400 pasos, hubo necesidad de formarlas con ensayos sucesivos, aumentando las cargas por centígramos y haciendo las correcciones necesarias.

Para medir la penetracion de los proyectiles en la coraza, se empleó un aparato que se hizo venir de Inglaterra igual al de que se hizo uso en las esperiencias de Shoeburyness. Se compone de dos pies fijos ligados por medio de una varilla y que se aplican sobre las partes no deterioradas de la coraza. En el centro de esa varilla y perpendicularmente á ella está montada otra dividida en pulgadas y que puede acercarse más ó menos á la coraza é indicar por consiguiente las penetraciones.

Los sirvientes de la pieza en el interior de la casamata, estaban representados por maniquís durante las esperiencias del bombardeo.

La comunicacion entre la batería y la comision de ensayos, se estableció por medio de los telégrafos electro-magnéticos de campaña usados en el ejército austriaco (sistema Marcus, de Viena).

Los sirvientes de las piezas de las baterías fueron nombrados alternativamente del contingente austriaco y prusiano.

Por último, daré una descripcion de la coraza. Segun se ha

dicho ya, fué construida en los talleres de Browon Sheffield, tenia 3^m,292 de largo, 2^m,240 de ancho y 0^m,133 de espesor. Su peso, despues de hechos los taladros para la abertura mínima y los pernos, era de 5469^k,400, y costó puesta en Maguncia 3269 florines (2615'200 escudos). Estaba formada de unas 100 hojas soldadas y laminadas y sus cantos perfectamente recortados y sin remache alguno.

El efecto producido por los proyectiles hizo ver la buena elaboracion y calidad del hierro. El peso de cada perno era de 36^k,800.

Primer dia de ensayo.—7 de Mayo de 1866.

El Capitan Schumann pronunció un discurso en el que espuso el sistema de construccion de la casamata y del afuste y de las esperanzas que tenia de su utilidad.

Antes de proceder á las esperiencias indicadas en el programa, se sometieron á un detenido exámen la casamata y la cureña.

El programa de esperiencias estaba redactado con objeto de poner en relieve las propiedades de ambos objetos.

La cureña, colocada sobre su marco, estaba armada de un cañon rayado de bronce del calibre de 16 centímetros con obturador de cuña de construccion prusiana.

La cureña habia sido traida el 5 de Mayo y se colocó la pieza sobre ella valiéndose de una argolla que el Capitan Schumann hizo sujetar en las barras de hierro de la cubierta; habiéndose roto esta argolla durante la operacion del montage, la colocacion se efectuó por medio de gruesas palancas.

Para introducir el obturador y completar la pieza se invirtieron cuatro minutos.

En la carga hecha por sirvientes bastante prácticos se emplearon al principio tres minutos y despues dos.

La maniobra del cañon en posicion horizontal, demostró

que la altura de la cubierta era insuficiente, en atencion á que no se podia colocar el alza de $0^m,400$ y que el punzon no podia manejarse por falta de espacio.

En vista de no ser fácil el hacer variaciones en el alza adoptada cuando no se quiere emplear ésta con punto de mira móvil ó sea el alza de charnela, se conceptuó lo más sencillo dar á la cubierta $0^m,133$ más de elevacion, tanto más cuanto que no habia dificultad en la construccion que se opusiera á ello. La elevacion, posicion horizontal y direcciones laterales, se ejecutaron sin accidente alguno; en la máxima direccion lateral sucedió que el escobillon chocó en su maniobra contra el muro, por cuya razon serian más convenientes los escobillones articulados aunque su manejo no es tan fácil, ó mejor los de tubos enchufados.

El mecanismo para el tornillo de las muñoneras, el de puntería y el marco necesitó poca fuerza, aunque las diferentes piezas por sus asperezas producian gran rozamiento.

Acto continuo se hizo un disparo sin bala, y para evitar cualquier peligro se dió fuego con un estopin de friccion.

El ruido fué muy intenso y mucho el humo en la casamata: el retroceso, empleando el freno, fué de $0^m,044$.

Siguió despues un ejercicio de fuego á todo tirar empleando para la inflamacion de la carga el lanzafuegos. En un cuarto de hora se hicieron siete disparos sin variar la puntería. Las observaciones acústicas dieron por resultado que si bien el ruido era grande, era sin embargo soportable. La cantidad de humo era considerable, y como el sol daba en la abertura de la cañonera resultó que el que habia fuera de ella volvió á introducirse. Seria por lo tanto ventajoso el establecer ventiladores en la cubierta ó en los costados, como tambien una válvula que impidiese al humo arrojado por la boca de la pieza volver á entrar de nuevo por la abertura de la cañonera.

El mecanismo aplicado en la parte posterior del marco para los movimientos laterales estorbó algo para la maniobra; el

mango que colocado verticalmente sirve para producir el movimiento, es del todo supérfluo y debe por lo tanto suprimirse. La colocacion de este mecanismo no es muy conveniente por cuanto puede ser obstruido por detritos que introduciéndose en sus juegos impidan su movimiento. Podria tambien disminuirse su altura con lo que se conseguiria que estuviese cubierto por el cuerpo de la pieza. Sin embargo, aunque fuese destruido dicho mecanismo, podria hacerse la maniobra del giro á brazo, con dos hombres.

Una escala aplicada al lado de las muñoneras móviles ofreceria la ventaja de conocer inmediatamente la altura de su colocacion, con lo que se lograria reponerlas á la misma altura y esponer menos tiempo al jefe de la pieza, que solo tendria que ocuparse de la puntería.

El retroceso en este ensayo fué de $0^m,044$ á $0^m,088$; el freno, á pesar de la fuerza del muelle, no volvió á poner la pieza en batería. Para elevar el cañon hubo que emplear un minuto y hacer dar á la rueda 22 vueltas, lo que hizo perder mucho tiempo comparado con el que se empleó en las punterías laterales.

Por último, se ensayó el montar y desmontar la pieza; para hacer retroceder la cureña se emplearon dos minutos. La operacion de desmontar se frustró por estar muy apretados en sus encajes los muñones y por haberse introducido alguna arena; hubo tambien entorpecimiento, debido á una clavija que tenia la rueda dentada.

Se abandonó este ensayo, pero es indudable que su éxito no será dudoso en cuanto se lleven á cabo las modificaciones indicadas.

Si se esceptúan las maniobras espresadas, todas las demás se ejecutaron rápidamente, y aunque la cureña no tiene toda la perfeccion necesaria, es indudable que sus ventajas son positivas. Por lo demás, el inventor no tiene otro objeto al presentar su cureña, que probar que la abertura mínima es po-

sible y nosotros no podemos menos de declarar imparcialmente que el Capitan Schumann ha logrado este objeto. Terminada esta primera esperiencia, fué trasladada la cureña al fuerte Hardenberg para emplearla en el bombardeo de la casamata desde dicho fuerte; en su lugar se puso una cureña vieja con un cañon de hierro fundido, cuyo brocal era del mismo diámetro. Los maniquís representando los sirvientes, se colocaron al lado de la pieza en la casamata durante toda la tarde.

Segundo dia de ensayos.—18 de Mayo.

Disparos hechos con fusiles de parapeto y de infantería contra la abertura mínima y cerrada con el brocal de la pieza, por tiradores escogidos de ambos contingentes:

a Con fusiles de parapeto.—20 disparos á 250 pasos de distancia.

15 proyectiles en la coraza.

2 perdidos.

3 dieron en la cañonera, de los cuales 2 en el brocal de la pieza; uno penetró por encima rozando el punto de mira y recorriendo toda la estension de la casamata; la pieza, el afuste y los sirvientes nada sufrieron.

Los fusiles eran de aguja del sistema Dörr; su manejo es bastante penoso y lento.

Hubo ocasion en que fué necesario disparar dos veces para que la aguja llegase al fulminato del cartucho.

b Con fusiles de aguja prusianos.—20 disparos á 250 pasos.

11 proyectiles en la coraza.

2 en la cubierta de tierra.

7 en la abertura mínima, de los que 6 en el brocal de la pieza, penetrando uno solo en la casamata y rozando la bóveda posterior sin causar deterioro alguno.

c Con fusiles austriacos del sistema Lorenz con proyectiles de espansion de Podewill.

20 disparos á 250 pasos.

11 proyectiles en la coraza.

4 en la cubierta de tierra.

5 en la abertura, de los que 3 en el brocal de la pieza y 2 penetraron en la casamata; de estos últimos el primero no causó daño alguno, el segundo arrancó un pequeño pedazo de la clave de la bóveda en el paramento esterior.

d Con fusiles de parapeto como en el primer caso, 20 disparos á 500 pasos.

11 proyectiles en la coraza.

3 en la cubierta de tierra.

5 perdidos.

1 en el brocal de la pieza, pero ninguno penetrò en la casamata.

e Con fusiles de aguja prusianos, 20 disparos á 500 pasos.

6 proyectiles en la coraza.

14 no llegaron hasta ella, no penetrando por consiguiente ninguno en la casamata.

f Con fusiles austriacos, 20 disparos á 500 pasos.

5 proyectiles en la coraza.

2 en la cubierta de tierra.

13 perdidos.

En vista de los resultados obtenidos dispuso la Comision que no se hiciesen disparos á 800 pasos, atendiendo á la poca probabilidad de dar en el blanco. Podemos suponer con seguridad que el brocal de la pieza cierra la abertura de la casamata en términos que solo en un caso escepcional podrá penetrar un proyectil por el espacio que media entre el brocal y el borde de la abertura.

Antes de pasar al ensayo siguiente, es decir, al bombardeo de la cañonera con granadas cargadas á la distancia de 3460 pasos desde el terraplen del fuerte Hardemberg, se hicieron algunos disparos con granadas llenas de arena, puesto que no

se sabia qué carga y elevacion se habia de fijar para esta distancia, para lo cual por medio del telégrafo se dieron despues de cada disparo indicaciones al oficial de Artillería que mandaba la pieza del fuerte. Esta era la misma que habia estado en la casamata y montada en la cureña de ensayo. Las pequeñas correcciones se hicieron, como se ha dicho, despues de cada disparo, variando la carga ó la elevacion. El peso de las granadas de hierro fundido, incluso la envuelta de plomo, era de 25 kilógramos; la mayor elevacion que se podia dar á la pieza en su afuste era de 25 $\frac{5}{16}$ grados.

Disparos	Elevacion en grados.	Carga en kilógramos.	OBSERVACIONES.
1.°	25°	0k,874	Faltaron 55 pasos de alcance; dió á 15 pasos á la derecha de la línea central.
2.°	25° $\frac{5}{16}$	0k,874	87 pasos demasiado corto. 7 — á la izquierda.
3.°	25°	0k,966	110 demasiado lejos. 3 á la izquierda.
4.°	25°	0k,920	70 demasiado lejos. 3 á la izquierda.
5.°	25°	0k,880	18 demasiado corto. 1 á la izquierda.
6.°	25°	0k,880	165 corto. 9 á la derecha.
7.°	25°	0k,880	95 corto. 3 á la derecha.
8.°	25°	0k,880	57 corto. 4 á la derecha.
9.°	23°	0k,920	102 corto. 4 á la izquierda.
10.°	23°	0k,920	121 corto. 6 á la izquierda.

Por una equivocacion del telégrafo se hicieron los disparos 9 y 10 con una elevacion de 23 grados, siendo así que la Comision se habia propuesto conservar la de 25°.

Los resultados obtenidos por estos disparos de prueba no pudieron conducir á una conclusion final acerca de la elevacion y carga que habia que emplear al dia siguiente; se reconoció, sin embargo, que la desviacion de la línea central era pequeña y que los diferentes disparos hechos con igual elevacion y carga diferian mucho en su alcance.

La hora avanzada y el cansancio de los sirvientes no permitieron continuar las pruebas, suspendiendo la operacion hasta el dia siguiente.

La mayor elevacion en la cureña de ensayo del fuerte Hardemberg fué de $25\frac{1}{16}$ grados; pero haciendo una pequeña variacion prometió el Capitan Schumann aumentarla hasta 30°.

El freno á pesar de la fuerza de su muelle ofreció mucha rigidez y rozamiento, permitiendo un retroceso de $0^m,88$ á $0^m,199$, pero sin volver á traer la pieza á su primitiva posicion, teniendo que empujarla para conseguirlo.

Despues del 4.° disparo se inutilizó por completo dicho freno y la pieza retrocedió de $0^m,266$ á $0^m,510$: este retroceso aumentaba constantemente á causa de ir disminuyendo el rozamiento, pues á cada disparo y al verificarse el retroceso se alisaban las llantas de las ruedas y los carriles.

Se empleó la mayor elevacion para obtener ángulos agudos de caida; se quiso que las correcciones se hiciesen principalmente variando la carga. En el supuesto de que cuando se establece una batería se hace de modo que presente poco blanco, se redujo durante la tarde la abertura de la cañonera de 60 á 35 grados y se revistieron sus caras con los cestones de tela metálica descritos en la introduccion. Se pusieron tres á cada lado cuyas dimensiones eran $0^m,844$ de alto y $0^m,570$ de diámetro, sujetándolas con anclas de hierro en el centro de las caras.

La altura de rodillera se redujo hasta quedar á $0^m,274$ por debajo de la cresta del parapeto.

Tercer dia de ensayo.—9 de Mayo.

Continuaron los disparos de prueba empezados el dia anterior á 5460 pasos de distancia y con las granadas rellenas de arena para obtener de antemano, por medio de cargas muy pequeñas, datos para cuando los disparos se hiciesen con granadas cargadas. El peso de las granadas era de 24^{k},955 á 25^{k},300.

Disparos	Elevacion.	Carga.	OBSERVACIONES.
1.°	25°	0k,920	76 pasos demasiado lejos. 7 — á la izquierda.
2.°	25°	Idem.	133 corto. 5 á la derecha.
3.°	25°	Idem.	15 corto. 2 á la izquierda: la bala dió en el talud esterior del parapeto.
4.°	25°	Idem.	50 corto. 4 á la derecha.
5.°	25°	Idem.	49 corto en la línea central.
6.°	25°	Idem.	33 corto. 2 á la izquierda.
7.°	25° 4/16	Idem.	40 corto. 6 á la derecha.
8.°	25° 4/16	0k,924	12 largo. 6 á la derecha.
9.°	Idem.	Idem.	43 corto. 1 á la derecha.
10.°	Idem.	Idem.	71 largo. 4 á la izquierda.
11.°	25° 4/16	Idem.	Línea central transversal. 2 pasos á la izquierda, proyectil en la cubierta.
12.°	Idem.	Idem.	14 pasos corto, en el centro, proyectil en el talud esterior del parapeto.
13.°	Idem.	Idem.	77 largo. 4 á la izquierda.
14.°	Idem.	Idem.	17 largo. 4 á la derecha.
15.°	Idem.	Idem.	72 largo. 2 á la izquierda.
16.°	Idem.	Idem.	11 pasos largo. 5 á la derecha.
17.°	Idem.	Idem.	70 largo. 2 á la derecha.
18.°	Idem.	Idem.	56 largo. 6 á la derecha.
19.°	Idem.	Idem.	71 largo. 2 á la derecha.
20.°	Idem.	Idem.	95 largo. 1 á la derecha.

El proyectil del disparo número 3 dió en el talud anterior.

El del número 11, en la línea central transversal; penetró hasta la mampostería, la surcó sin causar otro deterioro y el proyectil se encontró que tenia una direccion oblícua de 45°. El embudo fué casi nulo por no estar cargada la granada.

El proyectil del disparo 12, dió en el del número 3, en el talud anterior y penetró 1,096.

En general la puntería fué buena; no sucedió lo mismo respecto de los alcances.

Se proyectó continuar al siguiente dia empleando granadas cargadas.

Se hizo uso de la cureña Schumann con un freno parecido al de los wagones de los ferro-carriles. Se compone de dos muelles en espiral de fuerza cada uno para mover 1840 kilógramos; están fijos por su base á una plancha de hierro. En el centro de los espirales pasan dos varillas de tiro que atraviesan otra plancha paralela á la primera y se terminan por un gancho. Todo el sistema está montado sobre dos varillas que en un estremo se hallan unidas por medio de un travesaño y que atraviesan la primera plancha que liga los muelles y por el otro estremo se unen formando un gancho, de suerte que al fijar este aparato al marco y á la cureña cuando tiene lugar el retroceso se comprimen los muelles.

Retroceso con freno. . . . . $0^m,266$

Id. sin freno. . . . . $0^m,466$ á $0^m,609$.

La pieza retrocedió con el freno, pero la reaccion fué tan violenta que se temió un vuelco del afuste. Al dia siguiente se debilitó algo interponiendo un obstáculo, obrando de este modo con menos violencia. Seria conveniente sujetar el freno á un punto más bajo del afuste, por ejemplo al eje de las ruedas, pues de este modo no habrá que temer el vuelco.

Cuarto dia de ensayo.—11 de Mayo.

Los disparos se hicieron desde el fuerte Hardemberg á 3460 pasos con granadas cargadas.

Granadas de $0^m,16$ con carga de $0^k,812$, peso de $24^k,840$ á $25^k,070$, desviacion lateral $0^m,0495$ á $0^m,0605$.

Disparos.	Elevacion.	Carga.	OBSERVACIONES.
1.°	25°	$0^k,9235$	73 pasos largo. 3 á la izquierda.
2.°	Idem.	$0^k,920$	40 largo. 9 á la derecha.
3.°	Idem.	Idem.	93 corto. 16 á la derecha.
4.°	Idem.	Idem.	26 largo. 4 á la izquierda.
5.°	Idem.	Idem.	18 largo. 4 izquierda.
6.°	Idem.	Idem.	14 largo. 5 derecha.
7.°	Idem.	Idem.	El proyectil dió en el borde superior del talud esterior del parapeto.
8.°	Idem.	Idem.	18 largo. 5 derecha.
9.°	Idem.	Idem.	El proyectil dió en la parte posterior de la cubierta.
10.°	Idem.	Idem.	25 largo. 3 izquierda.
11.°	Idem.	$0^k,8451$	39 largo. 5 derecha.
12.°	Idem.	Idem.	34 corto. 1 izquierda.
13.°	Idem.	Idem.	El proyectil en medio de la cubierta.
14.°	Idem.	Idem.	El proyectil dió en la coraza.
15.°	Idem.	Idem.	23 corto. 4 derecha.
16.°	Idem.	Idem.	55 corto. En la linea central.
17.°	Idem.	Idem.	27 corto. 3 derecha.
18.°	Idem.	Idem.	72 largo. 11 izquierda.
19.°	Idem.	Idem.	En la parte inferior de la abertura.
20.°	Idem.	Idem.	19 largo. Linea central.

El proyectil del disparo núm. 7 dió en el borde anterior de la abertura; no produjo embudo pero sí unas grietas concéntricas de $2^m,189$ de longitud alrededor del punto céntrico.

El del núm. 9 pasó rozando la cubierta posterior de tierra sin tocar á la mampostería; reventó en el aire y varios cascos cayeron en la parte anterior. El del núm. 13 produjo en la tierra un embudo de $1^m,140$ de profundidad; la mampostería sufrió algo en una profundidad de $0^m,133$.

El del núm. 14 dió en la parte de tierra de la abertura á la altura de la línea media transversal y á $20^m,685$ á la izquierda; el choque fué ligero; no se inflamó toda la carga por haberse roto la granada.

El del núm. 19 produjo un embudo de $1^m,644$ de longitud, $1^m,370$ de anchura y $0^m,411$ de profundidad en la parte inferior de la abertura.

Algunos cascos dieron en la coraza y hubiese entrado algunos en la cañonera á no tener ésta una abertura mínima. (Véase la lámina 3).

En atencion á las pocas granadas que dieron en el blanco, y á que el daño causado habia sido poco, se abandonó el proyecto de tirar á la distancia reducida de 1780 pasos con tanta más razon, cuanto que los ángulos de caida de los proyectiles que se esperaba obtener serian más agudos, y que por consiguiente producirian ménos efecto.

El retroceso sin freno, fué en ese dia de $0^m,488$ á $0^m,620$. Con freno de $0^m,277$ á $0^m,444$.

El freno obró con demasiada violencia y levantó la parte posterior del marco, por cuya razon se prolongó la cadena de sujecion del aparato $0^m,177$ añadiendo para ello dos eslabones; el freno entonces funcionó bien.

El efecto de los proyectiles disparados del 8 al 11 de Mayo, puede verse en la lámina.

Quinto dia de ensayo.—12 de Mayo.

El objeto de este ensayo era poner á descubierto la coraza por medio de granadas que disparadas á 1780 pasos destruyesen las caras de la abertura, así como la parte inferior.

Se emplearon para ello dos piezas de bronce del calibre de $0^{m},16$, montadas la una en la cureña de ensayo y la otra en un afuste de Lill. La carga era de $1^{k},840$; la elevacion de $4\frac{6}{16}$ á $5\frac{6}{16}$ grados; las granadas cargadas, y teniendo en cuenta su envuelta de plomo, pesaban de $24^{k},955$ á $25^{k},070$.

Los disparos se hicieron por séries.

PRIMERA SÉRIE.

1.er *disparo.* Muy alto; dió en el espaldon delante del que estaba construido la cañonera.

2.° *idem.* Idem.

Despues de hecha la correccion en virtud del aviso telegráfico, se pasó á la

SEGUNDA SÉRIE.

3.er *disparo.* El proyectil dió en la berma y á $3^{m},552$ á la derecha.

4.° *idem.* Muy corto.

Nueva correccion; se pasó á la

TERCERA SÉRIE.

5.° *disparo.* El proyectil dió en el talud anterior del parapeto $1^{m},644$ á la derecha de la línea central y $1^{m},096$ por debajo de la línea esterior del derrame de la abertura.

6.° *idem.* En el talud anterior del parapeto $1^{m},096$ á la de-

recha de la línea central, 0^m,822 por debajo del derrame; ambos disparos removieron algo las tierras del talud.

Siendo el pensamiento rebajar en los ensayos siguientes la altura de rodillera, y habiendo producido los dos últimos disparos bastante efecto, se procedió al

7.° *disparo.* Muy corto.

8.° *idem.* Idem.

9.° *idem.* El proyectil fué á dar en el talud esterior del parapeto 7^m,104 á la derecha y 0^m,274 por debajo de la rodillera.

10.° *disparo.* Muy corto.

11.° *idem.* Dió á la izquierda, en la coraza, á 0^m,340 de la línea central y 0^m,274 por debajo del borde superior. El proyectil penetró unos 0^m,002 en la coraza y la abolló ligeramente; la huella era circular y de 0^m,088 de diámetro. El proyectil se rompió.

12.° *idem.* Muy corto. Se avisó á la batería de lo corto que eran los disparos de la segunda pieza y se determinó continuar disparando con la primera mientras se hacia la correccion.

13.° *idem.* Los tres cestones de la cara derecha de la abertura fueron rotos á 0^m,340 por debajo del borde superior. El proyectil reventó en el tercer ceston y arrojó una parte á 36 pasos.

El escesivo coste de estos cestones (9 á 10 florines), hacen imposible su adopcion, teniendo además el inconveniente de que por la falta de flexibilidad de su tejido son destruidos por completo al recibir el choque de un proyectil.

14.° *disparo.* Muy corto.

15.° *idem.* El proyectil dió en la línea central y en el talud esterior del parapeto á 0^m,822 por debajo de la abertura, produjo un embudo de 1^m,644 de diámetro y 0^m,822 de profundidad, esparciendo la mayor parte de la tierra removida en todo el parapeto, lo que hizo fuese más visible desde el esterior la abertura.

16.° *idem.* Muy corto.

El 17.° entró por la abertura mínima de la cañonera y dió en el brocal de la pieza de hierro. En ella reventó la granada, arrojó un casco contra el borde inferior de dicha abertura, que se desconchó un poco, otro chocó contra el borde esterior y superior de la misma, arrancando un pedazo de $0^m,33$ de longitud. El cañon, con su afuste, retrocedió sobre el marco $1^m,370$ por efecto del golpe, y como suele suceder á menudo, manifestóse en el cañon el efecto de la vibracion por el desprendimiento del cascabel. Igualmente habian sido arrancadas las cuñas de puntería de la cureña, y se notaron los efectos de varios cascos en diferentes partes de esta y en la mampostería, sobre todo en el nicho izquierdo. La parte superior, aplicada detrás de las barras á la Vignol y al rededor de la abertura, habia sido arrancada y estaba en el suelo. Dos de los maniquís, representando los sirvientes, estaban tendidos y el tercero tenia rota la cabeza. La cañonera estuvo durante un cuarto de hora de tal modo llena de humo, que hubiera sido muy difícil resistir en ella.

18.° *disparo.* Tambien corto.

19.° *idem.* Dió en el talud esterior del parapeto á la altura de la parte anterior del fondo, y $0^m,548$ á la derecha de la línea central produjo un embudo de $1^m,500$ de diámetro y $0^m,342$ de profundidad.

20.° *idem.* Volvió á dar en los cestones de la cara derecha de la abertura y removió toda la tierra del fondo en esta parte. Despues de haber apuntado exactamente, se determinó disparar cinco séries una tras otra.

21.° *idem.* En la cara derecha de la abertura tocó á la coraza, cerca del perno superior de la derecha y desprendió algo del borde derecho de su cabeza.

22.° *idem.* No reventó; rozó la cubierta de tierra de la cañonera por encima de la cara izquierda.

23.° *idem.* Entró en la misma cubierta de la cañonera por la parte superior de la abertura.

24.° *disparo.* Produjo el mismo efecto, un poco á la derecha del centro.

25.° *idem.* Lo mismo, pero algo más bajo, á la altura de la mampostería y casi en el centro.

Estos tres tiros (23, 24, 25) y el 29 de la misma série, produjerón en la cubierta de tierra, por la parte superior y central de la cañonera, un surco de 3^m,552 de longitud, 1^m,370 de anchura y 0^m,822 de profundidad; removieron en toda esta estension la parte posterior de la mampostería, en términos, que se encontraron los detritus de ésta mezclados con la tierra.

26.° *idem.* No fué visto ni encontrado luego; lo probable es que fuese muy largo.

27.° *idem.* Dió en el borde superior de la coraza cubierto por la tierra á 0^m,888 á la derecha de la línea central y lo dobló hácia dentro en una longitud de 0^m,096 y profundidad de 0^m,006; tambien fué doblado hácia fuera un pedazo del borde superior de la coraza en una longitud de 0^m,044. Al mismo tiempo desgarró un ceston de alambre de la cara izquierda, lo cual pudo provenir de algun casco.

28.° *idem.* Dió en la esquina derecha del muro de la cañonera, cubierto de tierra, especialmente en el sitio enladrillado; arrancó varios ladrillos desuniéndolos en una longitud de 0^m,548 y en una altura de 0^m,199, pero sin causar por eso un verdadero daño á la cañonera.

29.° *idem.* Dió en la cubierta superior de tierra de la cañonera, pasando por el surco ya abierto.

30.° *idem.* Entró en el talud esterior del parapeto por debajo del fondo cerca de la línea central, y removió bastante dicho talud.

Despues de haber hecho de nuevo la puntería, se dispuso la descarga de la última série.

31.° *idem.* Dió en la cubierta de tierra por encima del centro de la abertura pasando por el surco mencionado.

32.° *idem.* Atravesó una parte de la tierra, y dió en el borde

superior de la plancha de revestimiento, correspondiente á la doble coraza.

Fué arrancado un pedazo de este forro y una de las barras á la Vignol que verticalmente estaba colocada detrás de la coraza se dobló en un estremo formando un ángulo de 90°. La parte doblada era de $0^m,055$.

El estribo de granito, detrás de esta coraza, fué rozado sin más daño.

33.° y 54.° *disparos*. Dieron en las caras de la abertura; todos los cestones fueron arrancados; la abertura mínima fué obstruida momentáneamente por la tierra arrojada delante de ella y por el ceston posterior de la cara izquierda que habia caido delante.

35.° *idem*. Entró en la cubierta superior de tierra y en el surco primitivo que ensanchó más.

36.° *idem*. Dió en la cara izquierda de la abertura y en partes ya determinadas, sin causar mayor destruccion.

37.° *idem*. No reventó, ni entró en la cubierta ni pudo ser hallado.

38.° *idem*. Dió en la cara derecha ya destruida.

39.° y 40.° *idem*. Dieron en el talud anterior del parapeto por debajo del fondo é inmediato á la línea central.

Despues de haber sido hasta entonces bastante destruidas las partes de tierra de ambas caras de la abertura, y de haber sido removido su fondo por los embudos producidos por las diferentes esplosiones, en términos que se hallaba ya descubierta una gran parte de la coraza, para poderla destruir con proyectiles cargados y disparados hasta de distancias muy largas, se conceptuó alcanzado en parte el objeto con los ensayos de este dia, en vista de lo cual se suspendieron. Si bien estaba la abertura tapada con los cestones y la tierra, sin embargo, la Comision opinó que con un disparo solo de pólvora desde la casamata podia despejarse aquella, con cuya operacion se daria principio á los ensayos del dia siguiente. En cuanto al

interior la casamata podia considerarse como intacta, á escepcion de los pequeños deterioros de la mampostería de cubierta. El cañon fué deteriorado de tal modo por el tiro número 17 que se procedió á su reemplazo por otro. La parte esterior de la cañonera estaba bastante deteriorada en sus obras de tierra.

El retroceso de la pieza sobre la cureña de Schumann era con el freno $0^{m},689$, sin él $1^{m},150$.

Sesto dia de ensayo.—14 de Mayo.

Para desembarazar la abertura tapada á consecuencia de los tiros del dia anterior, se hicieron algunos disparos sin bala desde el interior de la casamata.

El primer tiro con un cartucho de $1^{k},840$ sin bala solo apartó una pequeña parte de la tierra; un segundo tiro desembarazó tanto la abertura que bien hubiese sido posible hacer disparos á través de ella; más como era posible que las granadas fuesen á caer en ese sitio y que pudiesen reventar demasiado pronto se trató de limpiar el interior de la casamata con el atacador y el escobillon, lo que se ejecutó en tres minutos. Para examinar la resistencia del blindage de hierro contra el efecto de la esplosion de los proyectiles huecos se llenó una bomba de $0^{m},266$ y de peso de $43^{k},700$ con $5^{k},520$ de pólvora: se la colocó en la línea central de la cañonera á $1^{m},781$ del borde superior de la coraza, á $0^{m},005$ por encima de la plancha de hierro del blindage y sobre la argamasa, habiendo quitado antes la que se habia pulverizado; se la cubrió luego con una capa de tierra de $0^{m},822$ de grueso y se inflamó por medio de la electricidad. El efecto sobre el blindage apenas se notó; arrancó un perno con su tuerca por debajo del sitio donde habia estado la bomba; los dos barrotes inmediatos se torcieron un poco en el centro, la argamasa habia sido completamente dislocada en el sitio de la esplosion, pero la plancha de hierro del blindage no habia

sufrido deterioro alguno. La bóveda posterior habia presentado por efecto de la conmocion una pequeña grieta en su clave, que no merece mencionarse.

Acto contínuo se dió principio al verdadero cañoneo de la plancha de la coraza con proyectiles sólidos y á distancia de 1780 pasos, para saber, por una parte, el efecto producido por los proyectiles contra la plancha misma, y por otra para obtener datos acerca de si la eficacia del tiro era suficiente para considerar útil el gasto ocasionado por el tiro á tanta distancia.

Se principió con los proyectiles endurecidos de Grüsson (peso inclusa la envuelta de plomo, $31^{k},308$).

La carga era de $2^{k},760$, la elevacion de 4 á $4\frac{3}{16}$ grados; desviacion lateral de $0^{m},0082$.

1.er *disparo*. Se fué mucho más allá del espaldon; tenia demasiada elevacion. El perno pinzote de la cureña saltó de la muesca, el marco habia salido de su sitio y penetrado profundamente en la arena; para no perder, pues, demasiado tiempo, fué necesario disparar solo con el segundo cañon colocado sobre la cureña de Lill.

2.° *idem*. Demasiado alto, más allá del espaldon.

3.° *idem*. Cincuenta y cinco pasos demasiado corto, siete á la derecha; siguió rodando el proyectil.

4.° *idem*. Diez y siete pasos demasiado corto, dos á la derecha siguiendo rodando.

5.° *idem*. Dió en el costado, á la derecha de la abertura mínima cerca del borde, y penetró despues en el interior de la casamata.

El pedazo arrancado del borde y medido en la circunferencia de la abertura, era de $0^{m},111$ y verticalmente desde la periferia $0^{m},044$; su mayor profundidad era de $0^{m},066$. Al rededor se habia presentado una abolladura de $0^{m},011$; la penetracion en la plancha hácia el punto céntrico de la abertura, era de $0^{m},002$.

El proyectil penetró por la abertura en la casamata, hizo un desperfecto en el forro interior de hierro cerca de la aber-

tura y en el lado izquierdo de aquella, donde arrancó algunos pedazos y dió contra el brocal del cañon, de cuya parte inferior se llevó un trozo de $0^m,199$ de longitud y $0^m,007$ en la parte del ánima.

La cureña, sujeta con cuñas, habia retrocedido $0^m,274$; la tabla de puntería se hallaba en el suelo y la viga derecha del marco partida por medio. Dos maniquís, alcanzados por los cascos del proyectil, estaban tendidos; el proyectil, deshecho en un casco grande y muchos pequeños, se encontró sobre el pavimento; los dos muros laterales y los nichos estaban bastante desconchados por los cascos del proyectil.

6.° *idem.* Un poco alto; dió en la tabla de puntería colocada en la línea central de la pared posterior de la casamata y entró en el espaldon.

7.° *idem.* (Lámina 3). Dió á $0^m,598$ de la línea central, $0^m,399$ del borde superior de la plancha de la coraza. La punta habia penetrado de abajo arriba y produjo un cono elíptico de $0^m,154$ de eje mayor y $0^m,122$ de menor y $0^m,050$ de altura. El eje mayor de la elipse se aproximaba á la vertical, y el vértice del cono estaba $0^m,128$ inferior de la elipse. En el superior habia una fractura cuyo borde salia $0^m,022$ del plano de la plancha. El proyectil estaba del todo deshecho y sus cascos habian sido rechazados á 130 pasos.

Despues siguieron los proyectiles de acero de Krupp de la fábrica en Essen (peso $32^k,890$ á $33^k,465$, inclusa la envuelta de plomo), con los cuales se tiró desde la misma distancia contra la plancha de la coraza.

8.° *idem.* (Proyectil de primera calidad.) Produjo á los $1^m,096$ por debajo de la línea central de la abertura en la tierra, un surco de $2^m,466$ de largo, $1^m,096$ de ancho y $1^m,096$ de profundidad en el parapeto, penetrando en la tierra.

9.° *idem.* (Idem de segunda calidad.) Dió en la línea central, en el talud esterior del parapeto á $1^m,370$ por debajo del fondo esterior de la abertura y á la altura de la berma.

10.° *disparo.* (Acero de 1.ª) 66 pasos demasiado corto y uno á la derecha, saltando por encima del espaldon.

La cureña de Schummann volvió á emplearse; su retroceso era de 0^m,700 á 0^m,944, puesto que se habia prolongado en 1^m,644 el freno á causa de haber presentado éste demasiada tirantez.

11.° *idem.* (Acero de 2.ª) Demasiado alto por encima del espaldon.

12.° *idem.* (Acero de 1.ª) Dió al fondo de la abertura de tierra 1^m,918 delante de la coraza, torció hácia la derecha, donde se encontró á la distancia de 20 pasos.

13.° *idem.* (Acero de 2.ª) Demasiado alto, en el espaldon.

14.° *idem.* (Acero de 2.ª) En la cubierta de tierra de la cañonera; removida la argamasa y arrojada á larga distancia.

15.° *idem.* (Acero de 2.ª) Rozando el borde posterior de la cubierta de tierra de la misma á 0^m,274 á la izquierda de la línea central y dió en el espaldon.

16.° *idem.* (Acero de 1.ª) En el talud esterior del parapeto por debajo de la berma.

17.° *idem.* (Acero de 1.ª) Por encima del espaldon.

Se suspendieron los disparos á esta distancia, porque á pesar del cuidado en la puntería, era muy difícil diesen muchos al blanco, de lo cual se podia sacar con mucha razon la consecuencia de que, para obtener un efecto real y verdadero contra las planchas de coraza, y sin gastar demasiado tiempo y material, era menester emprender su bombardeo á distancia más próxima. Se adelantaron, pues, en la tarde de este dia las dos piezas á 500 pasos.

Sétimo dia de ensayos.—15 de Mayo.

La Comision decidió por lo tanto tirar desde la distancia de 500 pasos otras 10 granadas esplosivas antes de tirar contra la plancha, para demostrar que con granadas podia fácilmente

desembarazarse la coraza de la tierra con que estaba cubierta. Estos 10 tiros se dispararon uno tras otro con una carga de 1^{k},840, descubrieron en casi toda su longitud la parte superior de la plancha, dieron al blanco con mucha precision y formaron varios embudos. Sin embargo, estos pocos tiros no lograron poner á descubierto la parte inferior de la plancha; al contrario, se cubrieron más por los pedazos de los cestones y despues con la tierra que caia de la abertura. Dos cascos de granada dieron contra la plancha, produciendo en ella pequeñas huellas, y al través de la abertura habia caido tambien tierra en el interior de la casamata. No cabe duda de que si se hubiesen continuado los disparos con las granadas, se hubiera desmantelado en corto tiempo la plancha en toda su altura y anchura, más con el fin de ahorrar tiempo y de poder empezar el cañoneo de la misma desde una distancia próxima, se efectuó por medio del trabajo á mano la operacion de quitar la tierra de allí.

A la distancia de 500 pasos comenzó el fuego de las dos piezas, disparándose primero dos proyectiles de acero fundidos de 1.ª de Krupp, despues dos idem de 2.ª calidad, luego dos proyectiles de Noruega, de acero de Duns, dos proyectiles endurecidos de Gruson, y por último, otros dos de acero fundido de Krupp de 1.ª calidad: total, 10 tiros.

La carga era de 2^{k},760, el alza de 0^{m},040 á 0^{m},060, y la desviacion lateral 0^{m},004.

1.^{er} *disparo.* (Proyectil de Krup de 1.ª) Pesó, con la envuelta de plomo, 33^{k},350. Dió en la plancha á 0^{m},500 de la línea central, 0^{m},500 del borde superior; la profundidad de la penetracion era de 0^{m},062, su forma elíptica, cuyo eje mayor vertical media 0^{m},188 y el pequeño 0^{m},133. No habia abolladura alguna al rededor, pero sí unas rebabas que la que más salia 0^{m},033 del plano de la plancha; no se notaron ni grietas ni desconchados.

El proyectil fué rechazado á 120 pasos sin la envuelta de

plomo; habia sido comprimido en una longitud de $0^m,200$ y se le encontró con la punta torcida.

2.° *disparo.* (Krupp de 2.ª) Fué demasiado alto, y dió en la cubierta de tierra de la casamata.

3.° *idem.* (Krupp de 2.ª) Dió en la plancha y en el mismo sitio donde el tiro núm. 5 del 14 de Mayo. La penetracion producida por los dos era de $0^m,133$ en la circunferencia, de $0^m,066$ perpendicularmente á la cuerda del arco y de $1^m,362$ de profundidad máxima. En la plancha se habia presentado al rededor una abolladura de $0^m,014$ de alto, y hácia el punto céntrico de la abertura una hoja levantada formando rebaba. El proyectil se torció hácia el interior de la abertura, entró en la casamata y reventó; los pedazos se encontraron esparcidos por la misma. Uno de estos dió contra el brocal del cañon y lo estropeó algo. Del borde interior del sillar del lado izquierdo, sobre que descansan los pies de las barras verticales, arrancó un pedazo de $0^m,411$ de ancho y de $0^m,199$ de grueso.

La cureña habia sido alcanzada por varios cascos, tenia rotos dos rayos de la rueda izquierda y arrancado un pedazo de la pina superior; el maniquí más inmediato estaba herido en diferentes partes.

El canto inferior del estribo izquierdo del nicho habia perdido un pedazo de $0^m,274$ de largo, y los ganchos de hierro, sujetos en el estribo derecho de la bóveda de entrada y destinados á sostener los escobillones, estaban arrancados, y estos rotos.

4.° *idem.* (Krupp de 2.ª) Dió en el mismo sitio donde el dia 14 de Mayo el proyectil de Gruson, núm. 7, á $0^m,609$ de la línea central y $0^m,461$ del borde superior de la plancha de coraza.

La punta entró de abajo arriba, y la mayor profundidad producida por ella era de $0^m,066$, el eje mayor vertical $0^m,199$ y el pequeño $0^m,133$. El proyectil estaba deshecho y los cascos habian sido rechazados de 30 hasta 60 pasos.

5.° *idem.* (Proyectil de Duns; peso $28^k,500$ sin la envuelta.) Se

ria probablemente demasiado corto á causa de su mucho peso; dió contra la parte interior de la cara derecha y fué más allá.

6.° *idem.* (Duns.) Dió contra el borde izquierdo de la abertura mínima, arrancó un pedazo de esta de 0^m,085 de grueso. Medida en la circunferencia, la longitud de la penetracion fué de 0^m,154 y desde la periferia en la prolongacion del radio horizontal 0^m,144.

Produjo en en el interior una considerable abolladura en forma de franja, que al querer disparar el cañon, hubiera impedido la puntería lateral y hubiera dado lugar á la desviacion del proyectil; por esta razon, el defensor se veria precisado á remediar este desperfecto.

El proyectil no habia penetrado en el interior de la abertura; aunque habia arrojado hácia adentro algunas pequeñas partículas arrancadas de la abertura mínima, resbaló y fué lanzado hácia el lado izquierdo á una distancia de 120 pasos y bajo un ángulo casi recto sobre la línea del tiro. Se habia partido en dos pedazos, arrancado la envuelta de plomo y en el suelo habia uno de ellos, no pudiéndose encontrar la punta del proyectil.

7.° *idem.* (Proyectil de Gruson, de peso de 31^k,510). Rozó la cara izquierda de la abertura, y produjo una huella elíptica en la parte derecha del perno superior, cuya profundidad mayor era de 0^m,024, su eje vertical de 0^m,177 y el menor de 0^m,088. En la parte superior se notó una abolladura: el lado derecho de la cabeza del perno estaba doblado en una longitud de 0^m,044 en la circunferencia; el proyectil no fué hallado. El tiro dió á 1^m,218 de la línea central y á 0^m,199 por debajo del borde superior de la plancha.

8.° *idem.* (Gruson). Dió á 0^m,510 de la línea central y á 0^m,266 del borde superior de la plancha; la penetracion tenia el eje mayor vertical de 0^m,133 y el menor de 0^m,122.

La punta del proyectil se torció algo, siendo la mayor profundidad de la penetracion 0^m,099. En la parte superior de esta

se veia una hoja levantada formando una rebaba de 0^m,090 de altura.

El proyectil rebotó y se deshizo en dos pedazos; la punta, del todo intacta, estaba en el fondo de la abertura, mientras que su parte inferior fué encontrada en el foso; no se notaron ni quebraduras ni grietas; la envuelta habia desaparecido.

9.° *disparo*. (Proyectil de acero fundido de 1.ª calidad de de Krupp). Dió á 0^m,822 de la línea central y á 0^m,421 del borde superior de la plancha. El proyectil habia dado en esta oblícuamente de abajo arriba y causado una penetracion elíptica, cuya mayor profundidad era de 0^m,043 con un eje vertical de 0^m,154 y el horizontal de 0^m,133. El proyectil habia chocado contra la parte izquierda del perno superior de la izquierda, doblado algo hácia dentro y saltado parte de la cabeza.

En la parte superior de la elipse, se observó una pequeña abolladura que se notaba tambien en el interior de la casamata; lo produjo el desprendimiento de una astilla proporcionalmente pequeña del refuerzo de roble, aplicado por debajo de la tuerca del tornillo.

El proyectil habia sido rechazado á 100 pasos y 30 á un lado, comprimido en una longitud de 0^m,200 y quedado muy desfigurado, lleno de aberturas longitudinales y transversales, pero sin ser deshecho; la punta completamente aplastada; la envuelta desapareció.

10.° *idem*. (Krupp de 1.ª) Dió á 0^m,288 de la línea central, 0^m,332 del borde superior de la plancha, produjo una penetracion circular de 0^m,144 de diámetro, cuya mayor profundidad era de 0^m,032 y en cuyo perímetro se notaba una abolladura sin rebabas de 0^m,021 de profundidad. El proyectil habia sido rechazado á 100 pasos en la línea de tiro, pero no se habia deshecho, aunque estaba comprimido en 0^m,182 con la punta aplastada, desprendido un pedazo de la cabeza, pero el resto sin grieta alguna.

No es aun posible formar un juicio á cerca de las cualidades

de los diferentes proyectiles; sin embargo, los de acero de 2.ª calidad de Krupp han demostrado ser bastante más duros que los de 1.ª calidad. El peso de ambos es igual.

La construccion de los proyectiles noruegos (Duns), no ha sido del todo exacta, pues hubieran necesitado refundirse con una mayor dimension del molde que se habria obtenido sobreponiendo alguna arcilla mas. Esta falta de construccion no daba ninguna seguridad para tirar con acierto. Los proyectiles de Gruson han demostrado ser escelentes, penetran más y cuestan menos.

La cureña de ensayo correspondió completamente á las esperanzas que habia hecho concebir; su retroceso era de $0^m,592$ con una carga de $1^k,840$, $0^m,933$ con una de $2^k,760$ y el freno, mientras que la de Lill tenia un retroceso de $1^m,644$ con $1^k,840$ de carga y con $2^k,760$ de carga $3^m,560$, por lo cual, y para que no resbalase la pieza de la esplanada, se tuvo que aplicar una prolongacion por medio de una esplanada de morteros.

En la pieza de bronce sobre la cureña de ensayo sobrevino al 6.º *disparo* un entorpecimiento en el obturador que impidió la continuacion de los disparos, teniendo que componerlo un herrero. Todos los tiros en el blanco se verán en la lámina 3.

Octavo dia de ensayo.—16 *de Mayo.*

En vista de que el desperfecto del cañon de bronce no habia aun podido arreglarse, solo pudieron continuar los disparos contra la plancha con el 2.º cañon armado en la cureña de Lill.

1.er *disparo.* (Proyectil de acero fundido de Krupp de 2.ª calidad, cuyos pesos ya conocemos; distancia 500 pasos.) Dió en la plancha á $0^m,999$ de la línea central y $0^m,354$ del borde superior produjo una penetracion con un eje vertical de $0^m,133$ y horizontal $0^m,122$. La punta estaba aplastada y habia penetrado $0^m,109$. En la parte superior de la penetracion se midió una

abolladura de 0^m,010 que presentaba una grieta bastante larga. En el interior habia sido deshecho en toda su longitud y anchura el sillar izquierdo de la rodillera.

El proyectil se encontró á unos 14 pasos delante de la cañonera y en el foso, no tenia envuelta y habia sido comprimido en 0^m,273. La punta estaba algo aplastada y torcida hácia un lado; no se notaron grietas en él.

2.° *disparo.* (Proyectil igual al anterior.) Dió al lado pero un poco más arriba del tiro número 1, 1^m,093 de la línea central y 0^m,296 del borde superior de la plancha, con la punta un poco hácia arriba; la mayor huella era de 0^m,087; el borde esterior del sitio en donde dió la bala estaba de tal manera quebrantado que ámbos tiros juntos no formaban ya más que una sola quebradura, cuya longitud comun era de 0^m,274 de anchura y 0^m,111 de profundidad.

El proyectil se encontró á 40 pasos delante de la casamata y partido longitudinalmente en 2 pedazos, presentando grietas longitudinales; la punta estaba torcida hácia un lado, la penetracion del proyectil era de 0^m,273 de profundidad.

3.er *idem.* (Proyectil noruego de Duns; peso con la envuelta 44^k,620, sin ella 28^k,520.) Pasó por encima del borde superior de la plancha rozándola y barrió toda la argamasa existente aun en el centro de la cañonera y hasta la plancha del blindage en términos que ésta estaba enteramente descubierta.

4.° *idem.* (Duns.) Demasiado corto, dió en la concavidad de la abertura y pasó por encima de la cañonera.

5.° *idem.* (Duns.) Dió al lado del tiro número 4 del 15 de Mayo á 0^m,702 de la línea central; el eje vertical mide 0^m,122, el menor 0^m,066, la mayor profundidad de penetracion 0^m,036, la abolladura alrededor 0^m,0045. En el interior se notó una nueva grieta en la clave de la bóveda de entrada, hácia donde se trasmitieron todas las conmociones de la plancha.

El proyectil se deshizo en el sitio donde dió.

6.° *disparo.* (Proyectil endurecido de Gruson, su peso 31^k,280.)

Dió á 0^m,976 del centro y 0^m,510 del canto superior de la plancha. La elipse de la penetracion midió en el eje vertical 0^m,138 y 0^m,122 en el horizontal: la punta estaba separada; la mayor penetracion de esta 0^m,093, la abolladura 0^m,025 y estaba limitada por una fuerte quebradura formando rebabas.

El proyectil se habia partido en tres pedazos, la punta quedó entera y quedó en la abertura; un casco grande estaba en la contraescarpa, el tercero en la cara izquierda de la abertura.

7.° *idem.* (Gruson.) Demasiado alto, por encima de la casamata.

8.° *idem.* (Proyectil de acero de Kupp de 1.ª calidad.) 0^m,933 de la línea central, 0^m,154 del borde superior.

El eje vertical de la penetracion elíptica era de 0^m,154, el horizontal de 0^m,133, la mayor profundidad de esta 0^m,055.

La conmocion al parecer fué muy fuerte: el lado derecho superior de la plancha se dobló 6^m,006 hácia dentro en una longitud de 0^m,822.

Entre la argamasa aplicada sobre las barras encajonadas y detrás de la plancha se habia formado un hueco de 0^m,011. En el interior de la cañonera no se notó ningun desperfecto.

El proyectil habia sido rechado á 50 pasos y comprimido en una longitud de 0^m,233; el culote del proyectil quedó entero, la punta aplastada y torcida hácia un lado; la envuelta faltó; se observaron hendiduras longitudinales.

9.° *idem.* (Krupp de 1.ª) Demasiado corto, dió en el suelo de la abertura y pasó por encima del espaldon.

10.° *idem.* (Krupp de 2.ª) Dió al lado del tiro número 8 inmediato á la cabeza del perno superior, á 0^m,822 de lcentro, 0^m,188 del borde superior y tenia una penetracion de 0^m,989 de profundidad, cuyo eje vertical era 0^m,144 y el menor 0^m,122; la punta inclinada hácia arriba. El espacio entre los tiros número 8 y 10 habia sido arrancado en una profundidad de 0^m,027 desde el plano de la plancha: en la parte superior se manifestó una grieta bastante profunda. La cabeza del perno habia sido

tocada en su parte superior, abollada fuertemente y hallada en el fondo de la abertura de tierra; el mismo saltó con mucha fuerza al interior de la casamata. Parte del relleno de roble, debajo del perno, habia entrado tambien en ella. La grieta, en la bóveda posterior de la cañonera y cerca de la puerta de entrada, se habia ensanchado mucho. El proyectil habia caido en el foso, se habia reducido por el choque á $0^m,274$, tenia la punta algo aplastada con tres grietas en ella y sin envuelta.

11.° *disparo.* (Krupp de 2.ª) Dió en el borde superior de la plancha á $0^m,177$ del centro y $0^m,066$ del borde y arrancó por completo un pedazo de este de $0^m,274$ de largo y $0^m,066$ de profundo. El verdadero sitio en donde dió la bala, formaba una elipse de $0^m,177$ de eje mayor y de $0^m,122$ el menor; la profundidad de la penetracion era de $0^m,077$; la punta inclinada hácia arriba.

En el plano superior de la plancha se notó, al través de todo el espesor de la misma, una hendidura.

No se encontró el proyectil.

12.° *idem.* (Granada de acero de Krupp, su peso $30^k,107$ con envuelta, carga esplosiva de $0^k,460$). Dió en el blindage de la cañonera y no se oyó la esplosion.

Probable es que se efectuase en el ánima de la pieza, es decir, parece probable que la carga hubiese arrancado ya en aquella el culote, puesto que despues de este tiro se observaron en las rayas del cañon varias averías como causadas por cascos del proyectil, que si bien no impedian continuar los disparos, sin embargo, no pueden esplicarse de otra manera, tanto más, cuanto que no se oyó ninguna esplosion en el blindage de la cañonera.

13.° *idem.* (Otra del anterior.) Pasó rozando por encima del borde superior de la plancha, desprendió por completo $1^m,644$ de la capa de argamasa que aun habia sobre el blindage y dejó descubierta la parte de hierro de éste. La granada no reventó, y fué encontrada en la cubierta de tierra de la casamata.

En el interior, y debajo del sitio de la cubierta de hierro que la granada habia rozado, habia caido la cabeza de un tornillo, habiéndose doblado aunque ligeramente la misma plancha del blindage.

14.° *disparo.* (Granada de acero de Krupp.) Dió en la cubierta de tierra, pasó adelante y no reventó.

15.° *idem.* (Idem, id.) Dió en el sitio de los tiros núm. 7 Gruson, del 14 de Mayo; núm. 4, Krupp de 2.ª del 15 y número 5, Duns del dia de hoy y aumentó con su choque la profundidad de penetracion, existente ya, en $0^m,111$ más.

Este tiro hundió la parte izquierda inferior del agujero del perno de donde este habia saltado $0^m,033$ hácia el centro del agujero, y en esta hendidura se formó una grieta de $0^m,044$ de ongitud.

Aunque el proyectil hizo esplosion, sin embargo, solo fué arrancado el culote que se encontró á 800 pasos delante de la casamata y á 200 á un lado. El proyectil no estaba aplastado; la punta bien conservada, aunque tenia tres grietas longitudinales; la envuelta habia desaparecido.

16.° *idem.* (Proyectil endurecido de Gruson.) Dió á $0^m,088$ de la línea central y $0^m,399$ del borde superior de la plancha. La punta quedó clavada en esta, la parte posterior se habia roto y se la encontró en el foso.

Al rededor del sitio donde habia dado el proyectil, se vió una abolladura de $0^m,021$. La plancha presentaba en la abertura mínima (la cual tenia además muy alterada su redondez en términos que su diámetro en esta parte era de solo $0^m,299$ en en lugar de $0^m,332$) una grieta que la atravesaba, y cuya fractura desigual era de $0^m,011$.

17.° *idem.* (Gruson.) Dió á $0^m,882$ de la línea central y $0^m,310$ del borde superior, al lado de los tiros núm. 1 y 2 del dia de hoy y núm. 9 del 13 de Mayo, cerca de la cabeza del perno superior izquierdo que arrancó y lanzó á 1000 pasos hácia atrás; la profundidad de la penetracion era de $0^m,116$. El perno

mismo fué arrojado violentamente en el interior de la cañonera; el pavimento interior de sillería, sobre el cual descansa el pie de la plancha, y que habia padecido ya bastante con el tiro núm. 1 de hoy, fué deshecho por completo, estaba á punto de caerse, y solo se sostuvo por estar apoyado contra la rueda de la cureña en la casamata.

El proyectil estaba entero; solo presentaba algunas grietas longitudinales en la cabeza y roto un pedazo del aro.

Los cinco tiros de acero perdidos hoy, y los proyectiles de Duns, reconocen por causa, los primeros, la falta de escalas ó tablas de tiro, y los segundos su defectuosa construccion. En virtud de un convenio celebrado con Duns hacia pocos dias, envió éste por telégrafo la órden á Noruega de remitirle inmediatamente sus proyectiles, pudiendo haber habido una mala inteligencia, puesto que estos eran demasiado largos, por cuya razon quedó fuera de su lugar el centro de gravedad y se hizo insegura su trayectoria. Segun puede verse por esta relacion, el Sr. Duns no tuvo más que dos proyectiles que dieron en el blanco, y además de un modo tan poco favorable, que no puede formarse un juicio exacto de sus propiedades; sin embargo, los ensayos hechos anteriormente han demostrado sus buenas cualidades; su precio es un thalers (14 ½ reales) los 0^{k},500, cuyo esceso debe tener su razon en la escelencia del material.

El retroceso de la cureña de Lill con la carga de 2^{k},763, fué creciendo de 2^{m},740 á 4^{m},922, y solo cuando al 9.° tiro se echó arena sobre la esplanada, se redujo aquel á 4^{m},110 volviendo á crecer á medida que el cañon se iba ensuciando.

Segun resolucion que tomó la Comision de ensayos en la sesion celebrada en el dia de hoy, se determinó concentrar los fuegos con proyectiles de acero y endurecidos contra la plancha, teniendo, por lo tanto, el propósito de destruir esta por completo.

Los sitios en que dieron en el blanco los proyectiles de hoy, están marcados con la lámina 3.ª

Noveno dia de ensayos.—17 de Mayo.

Primeramente se dispararon con los dos cañones diez proyectiles endurecidos con una carga de $2^{k},760$, y á la distancia de 500 pasos. (Se habia logrado recomponer el obturador del cañon y se pudo tirar con él.)

PROYECTILES DE FUSION DURA DE GRUSON.

1.er *disparo.* Dió en la plancha á $0^{m},820$ de la línea central y $1^{m},918$ del borde superior; estaba debajo del agujero del perno superior del lado derecho, cuyo perno habia sido arrancado ya, é introdujo un pedazo de la plancha en dicho agujero. Su figura formaba una elipse, cuyas dimensiones no se pudieron reconocer bien: su mayor profundidad de penetracion, midió $0^{m},088$.

El proyectil se habia partido en dos pedazos, de los cuales el uno se encontró en el foso y el otro en el glácis á 47 pasos delante del borde del foso.

En el interior se ensanchó, á consecuencia de la conmocion, la grieta en la clave de la bóveda de entrada, y aquí debemos mencionar que la mampostería estaba hecha con cemento y se habia construido hacia cuatro semanas.

2.° *idem.* Dió con la parte esterior del fondo de la abertura y chocó con la plancha, en la cual produjo una penetracion de $0^{m},030$. El choque fué oblícuo, su centro á $0^{m},664$ de la línea central y $0^{m},088$ del borde superior de la plancha. Quedó intacta la punta del proyectil; en el borde superior de la plancha é inmediato al sitio en que chocó el proyectil, se notó una grieta que penetraba $0^{m},044$ en el interior.

No se encontró el proyectil.

3.° *idem.* Rozó el borde superior de la plancha y arrancó un pedazo de este de $0^{m},177$ de longitud. Su mayor penetracion

era de 0^m,077; su distancia de la línea central 0^m,111. La conmocion producida por el choque hizo desprenderse la punta del proyectil núm. 16, del 16 de Mayo, que habia quedado clavada en la coraza y se la encontró en el fondo de la abertura.

Detrás de la clave, en el lado interior de la bóveda de entrada, se observó una grieta bastante grande. El proyectil estaba partido en dos pedazos, la punta se halló en el foso y su parte posterior á cuatro pasos delante y sobre el glácis.

4.° *disparo.* Penetró en una parte enteramente intacta de la coraza, á 0^m,266 de la línea central y 0^m,266 del borde superior de la plancha, donde produjo una huella de forma elíptica de 0^m,133 de eje mayor vertical, y su eje menor 0^m,122. La punta que en el momento del choque estaba inclinada hácia arriba, se introdujo penetrando 0^m,088. Al rededor de esta se vió una pequeña abolladura con fractura en forma de franjas. A la derecha de la penetracion, en direccion del tiro núm. 11 del 16 de Mayo, y atravesando á éste hasta el borde superior de la plancha, se vió una grieta, cuya longitud, medida desde dicho borde, era de 0^m,222 mirando desde la parte interior, y por el plano de la plancha se ensanchaba 0^m,006.

El proyectil se habia roto en pedazos, que estaban dispersos al rededor de toda la casamata.

5.° *idem.* Dió directamente al lado del tiro anterior núm. 4, y cubriéndolo en parte á 0^m,222 del centro y 0^m,266 del borde superior de la plancha. Su mayor penetracion era de 0^m,088 formando con dicho tiro un embudo comun, cuya dimension horizontal era de 0^m,177 y la vertical de 0^m,133; la grieta superior que produjo el tiro núm. 4 se aumentó en una pequeña parte.

El proyectil se deshizo en pedazos, que fueron despedidos hácia atrás.

6.° *idem.* Dió en el borde de la abertura mínima en su lado derecho é inferior por el lado del tiro núm. 3 del 15 de Mayo y arrancó un pedazo de 0^m,111 medido en la periferia y de 0^m,055

en línea vertical sobre esta, arrojándole al interior de la casamata. El lado interior y derecho de dicha abertura, fué hundido en 0^m,011 y estrechó de nuevo dicha abertura. El proyectil reventó en pedazos, que unos fueron despedidos y otros entraron por la abertura al interior de la casamata.

El cañon retrocedió sobre el marco 1^m,96 y otro pedazo del brocal fué arrancado; dos muñecos habian caido en tierra; la cureña no tenia deterioro alguno.

7.° *disparo.* Dió en la parte superior del disparo número 2 de hoy y en el borde superior de la plancha, produciendo una huella de 0^m,222 en dicho borde y de 0^m,099 de profundidad máxima. La parte de la plancha, desde la rotura originada por el tiro número 10, del 16 de Mayo, hácia el centro, habia sido hundida 0^m,026, como tambien la capa de cemento.

La quebradura misma se alargó hasta el agujero del primer perno superior de la derecha y se notó que atravesaba todo el espesor de la plancha.

El proyectil no fué hallado.

8.° *idem.* Dió á 0^m,288 del centro en el borde superior de la plancha, produjo una rotura en aquel de 0^m,244 de largo y 0^m,055 de profundo, y debajo una huella semicircular de una profundidad de 0^m,089; en la parte superior de la plancha se observó una pequeña grieta que la atravesaba.

9.° *idem.* Dió en los tiros número 4 y 5 de hoy y no pudo ser medida. La longitud horizontal comun era de 0^m,244; su altura de 0^m,144, la mayor profundidad de la penetracion 0^m,089. La rotura producida por el tiro número 11, del 16 de Mayo, se habia ensanchado bastante.

10.° *idem.* Dió á 0^m,642 del centro, 0^m,244 del borde superior de la plancha de la coraza, penetró 0^m,121 en aquella y produjo alrededor una abolladura con esfoliacion en forma de franjas. El proyectil habia penetrado de derecha á izquierda. La rotura cerca del agujero del perno superior de la dere-

cha se habia ensanchado en 0^m,011 y la parte superior de la plancha se habia hundido en 0^m,021 desde esta rotura hácia la línea central.

En el interior habia arrancadas dos tuercas de la barra que sirve para la union del primer puntal, á la derecha de la abertura con la viga correspondiente.

PROYECTILES DE ACERO KRUPP DE SEGUNDA CALIDAD.

11.° *idem.* Dió en el número 1 del 15 de Mayo, á 0^m,473 de la línea central, á 0^m,473 del borde superior de la plancha y produjo una elipse cuyo eje vertical era de 0^m,199, su horizontal 0^m,133 y la mayor profundidad 0^m,055.

12.° *idem.* A 0^m,274 del centro, 0^m,620 del borde superior de la plancha, produjo una elipse de 0^m,133 de altura y 0^m,111 de anchura, con una profundidad de penetracion de 0^m,023. De la clave de la bóveda de entrada se habia desprendido un pedazo, y de la silleria del centro de la rodillera saltaron unos trozos.

13.° *disparo.* 0^m,340 del centro, 0^m,681 de la parte superior, por debajo del tiro número 12. La punta entró de abajo hácia arriba 0^m,088; la forma producida en la plancha es una elipse de 0^m,144 de alto y 0^m,120 de ancho. La abolladura era muy considerable y en ella una fuerte fractura en forma de franja.

14.° *idem.* En la parte superior del perno inferior de la derecha, á 0^m,747 del centro, 0^m,620 de arriba, presentó una forma eliptica de 0^m,144 de alto y 0^m,120 de ancho; la punta habia penetrado hácia arriba y 0^m,090 por debajo de la superficie de la plancha. En esta se presentaban varias grietas y roturas. En el interior de la abertura se veia arrancado un gran pedazo de la piedra del lado derecho de la rodillera, que hasta entonces habia permanecido intacta.

15.° *idem.* A 0^m,376 del centro, 0^m,111 de arriba, huella plana, profundidad de esta 0^m,025, su longitud mayor 0^m,244, an-

chura 0^m,099; en su parte superior habia una insignificante abolladura.

16.° *idem.* A 0^m,491 del centro, 0^m,399 de arriba, huella plana, su anchura mayor 0^m,111, su longitud no pudo medirse por haber varios tiros alrededor suyo, profundidad de penetracion 0^m,033.

17.° *idem.* A 0^m,510 del centro, 0^m,642 de arriba, tenia una penetracion elíptica de 0^m,188 de longitud y 0^m,133 de anchura; su profundidad de 0^m,046.

18.° *idem.* A 0^m,333 del centro, 0^m,598 de arriba, quebradura irregular, porque sus bordes se perdian en los tiros número 11 y 13 de hoy; su profundidad 0^m,111. En el primer puntal de la derecha de la abertura habian saltado otras dos cabezas de pernos.

19.° *idem.* A 0^m,548 de arriba, 0^m,888 del centro, huella plana y elíptica, 0^m,133 de alto, 0^m,122 de ancho y 0^m,033 de profundo.

20.° *idem.* En el número 13 de hoy, 0^m,333 del centro, 0^m,620 de arriba; mayor profundidad 0^m,112. Este produjo en la parte derecha é inferior de la abertura mínima un desprendimiento del borde de esta, del grueso de 0^m,066.

PROYECTILES ENDURECIDOS DE GRUSON.

21.° *disparo.* Dió en el número 11 del 16 de Mayo y aumentó la penetracion de este, de suerte que en el borde superior no quedó más que 0^m,042 de espesor.

22.° *idem.* Demasiado alto, en la cubierta de la casamata.

23.° *idem.* En el del número 4 de hoy; ha aumentado la penetracion que existia ya, y producido quebraduras en sentido vertical.

24.° *idem.* Dió á 0^m,310 del borde superior, 0^m,548 de la línea central y con la punta hácia arriba, causó una penetracion de 0^m,115. El pedazo de la plancha en la quebradura cen-

tral, fué levantado en 0^m,025. La plancha presentó además varios sitios deteriorados.

El primer puntal de la derecha de la abertura tenia en su diagonal una grieta, de suerte que estaba rajada toda la barra (costilla) del centro, pero sin notarse doblez hácia atrás.

PROYECTILES DE ACERO KRUPP, DE SEGUNDA CALIDAD.

Disparos número 25, 26, 27 y 28. En estos tiros no se pudieron reconocer muy bien las alteraciones producidas por ellos en la plancha; todos han ensanchado las penetraciones hechas ya en el lado derecho de ella; en los tiros números 27 y 28 han quedado clavadas en esta las puntas de los proyectiles, y solo el número 27 ha penetrado hasta las barras y roto dos pedazos de estas, destrozando el forro interior y arrancando por completo el puntal del lado derecho.

La quebradura primera llegó hasta la abertura mínima.

PROYECTILES DE ACERO DE KRUPP, DE PRIMERA CALIDAD.

Tiros 29, 30, 31 y 32. Estos apenas pudieron reconocerse en la plancha, dieron todos en el grupo compuesto de los números 18, 27 y 28.

La coraza habia sido agujereada desde la periferia de la abertura mínima casi horizontalmente en una longitud de 0^m,332 con una anchura de 9^m,133 á 0^m,222, arrancando igualmente el enrejado de barras y el forro interior, de suerte que, incluso la abertura, se habia formado un agujero de 0^m,642 de largo.

Ambos estremos de la plancha se habian inclinado hácia adelante en 0^m,033, manifestando esta por su aspecto que se habia operado una alteracion en su textura y una destruccion lenta.

En el interior, habian sido arrancadas y arrojadas lejos tres escuadras destinadas á sujetar las vigas al forro. Este, de-

trás de la plancha, y en el interior de la abertura, habia sido atravesado por los proyectiles; en los travesaños de la cubierta habian sido arrancadas seis cabezas de tornillos por los cascos y los pedazos de la coraza rotos, y en el segundo y tercero travesaño se notaron varias averías. Un proyectil que habia penetrado en el interior, habia producido en la pared posterior de la casamata un agujero de $0^m,2466$ cuadrados y $0^m,088$ de profundidad.

En lo general, el material de la plancha demostró ser escelente: el refuerzo de las barras encajonadas parece ser muy recomendable porque presta al conjunto elasticidad y firmeza. Los pernos (á escepcion de los inmediatos á la abertura mínima que fueron arrancados) se sostuvieron muy bien; sin embargo, la circunstancia de que un solo proyectil que dé á un perno saliente, le destruye ó arranca, habla en contra de ellos y podia concederse la preferencia á los cónicos y hundidos en la plancha.

Los proyectiles de Gruson fueron los que más se introdujeron en la coraza, se deshicieron todos en mayor ó menor número de pedazos, presentaron contínuamente la punta aguda é intacta y rebotaron menos que los demás.

Los proyectiles de primera clase de Krupp salieron demasiado blandos, produjeron en la mayor parte de los casos penetraciones de $0^m,044$ á $0^m,066$ de profundidad, estallaron varias veces, se contrajeron mucho y tenian las puntas siempre aplastadas y torcidas.

Los mismos de segunda calidad tenian poco más ó menos las mismas profundidades de penetracion que los de Gruson, pero eran en lo general inferiores á estos; son más duros que los de primera calidad, se rompieron por consiguiente más veces, y se contrajeron menos que estos. En su mayor parte saltaron en dos ó tres pedazos, por lo tanto, en menos que los de Gruson.

Las puntas de los proyectiles números 27 y 28, quedaron clavadas en la plancha de la coraza, y se desprendieron del

proyectil como el de Gruson número 16 (16 de Mayo); las partes posteriores suyas fueron rechazadas enteras.

En general, podia considerarse destruida la plancha y abierta la cañonera; pero con todo, en la sesion de aquel dia se determinó llevar á cabo en el dia siguiente la completa destruccion de la misma.

En la cureña de ensayos, el retroceso de hoy fué de $0^{m},955$ con el freno y sin él de $1^{m},096$ ó $1^{m},370$. Mientras se disparaba, saltaron en aquella los dos tornillos que unen la muñonera por ambos lados con la telera curva, por cuya razon seria prudente establecer en las piezas de nueva construccion esta union, no por medio de tornillos, sino ensamblando aquella en el soporte de la muñonera. Los tiros que dieron en el blanco están marcados en la lámina 3.ª

Décimo dia de ensayos.—18 de Mayo.

PROYECTILES DE FUNDICION DURA DE GRUSON.

1.er *disparo.* Demasiado corto, dió en la cubierta de la cañonera.

2.º *idem.* En la abertura mínima; dió contra el brocal del del cañon, le arrancó otro pedazo y reventó; los cascos destrozaron la rueda derecha de la cureña, de suerte que la pieza se hallaba completamente inclinada hácia la derecha y descansaba solo con el eje sobre el marco. Los cascos habian producido pequeñas averias en la mampostería y en las gualderas de la cureña.

3.º *idem.* Penetró igualmente en el interior de la casamata, destrozó la clave de la bóveda de entrada, de la cual se desprendieron varios trozos, dobló $0^{m},177$ de la viga de hierro que hay encima de aquella y arrancó del cuarto travesaño un perno con su tuerca. El proyectil intacto se hallaba debajo del arco de entrada.

4.° *idem.* Dió en la plancha, de rebote, y causó un desprendimiento del borde superior cerca del tiro número 3 del 17 de Mayo y en la línea central. La penetracion era de 0^m,089.

5.° *idem.* Dió en la cubierta de la casamata.

6.° *idem.* Atravesó toda la casamata sin producir daño alguno y entró en el espaldon.

7.° *idem.* Dió en el blanco.

8.° *idem.* Demasiado corto.

9.° *idem.* Dió en el blanco.

10.° *idem.* Idem.

Los tiros 7, 9 y 10 arrojaron en el piso de la abertura y á tres pasos de distancia, un pedazo de la plancha de 0^m,570 de largo y 0^m,274 de ancho; algunos pedazos quedaban aun delante del refuerzo de barras.

En el interior se hallaba muy doblada la parte aun en pie del puntal roto, á la derecha de la abertura y presentó varias grietas.

11.° *disparo.* Dió en la parte destruida de la plancha.

12.° *idem.* Demasiado corto.

13.° *idem.* Atravesó la abertura.

14.° *idem.* En la parte destruida de la plancha.

Estos tiros arrancaron más pedazos de la plancha, de suerte que el agujero tomó entonces las siguientes dimensiones. Desde el perno superior de la derecha hácia arriba y 0^m,614 horizontalmente por el borde, disminuyendo hasta que á la altura de dicho perno solo media 0^m,310; despues, desde el perno hácia la periferia inferior de la abertura y desde el otro punto hasta la periferia superior, un tiro habia dado en el refuerzo de barras inmediato al agujero del clavo y roto 0^m,274 de longitud las barras, las cuales estaban aun en su lugar, pero torcidas 0^m,088 hácia el interior; algunos pedazos fueron arrojados al interior.

Disparos 15, 16, 17 y 18. Dos de estos penetraron al través del refuerzo y en el lugar donde habian sido rotas antes las barras á la Vignol.

Un tiro rozó la plancha superior de la cubierta de la casamata y produjo en ella un surco de 0^m,274 de longitud, 0^m,033 de anchura y 0^m,011 de profundidad, y embutió 0^m,033 dos pernos de dicha cubierta, cuyas cabezas inferiores habian sido arrancadas anteriormente.

Un tiro fué demasiado alto.

De los dos primeros rozó uno la parte superior de la cubierta interior; rompió una viga y un pedazo del forro, arrancó del primer travesaño un pequeño pedazo y dos tuercas, mientras que del segundo travesaño desprendió dos pedazos y tres tuercos, sacando de su sitio á la misma barra en direccion horizontal.

Se dirigieron los tiros y en conformidad con los deseos de los Oficiales de Ingenieros, contra los frentes de las barras en en *T*, que por la destruccion de la plancha quedaban descubiertas en 0^m,614 de longitud, para comprobar así la estabilidad del blindage.

19.° *disparo*. Entró por la parte destruida en el interior.

20.° *idem*. Idem.

21.° *idem*. Idem.

22.° *idem*. Idem en el muro de frente.

Este tiro arrancó toda la fila anterior y superior de los pernos fuera de la plancha del blindage, en 0^m,233 rompió la primera barra por medio, de suerte que el pedazo de esta del lado derecho solo estaba sujeto por dos pernos, otros fueron rotos y habian sido empujados hácia arriba.

Las cabezas de las dos vigas se rompieron hasta la primera barra transversal; á pesar de esto, aquellas fueron poco movidas hácia el muro posterior por la fuerza del choque recibido. Del forro de madera saltaron varias partes al interior de la casamata.

En la parte anterior de la bóveda de entrada, donde ya faltaba la clave, se habia desprendido una gran parte del arco de la bóveda.

En atencion á que ya se podia ver el efecto en la parte de frente del blindage, se probaron los forros delante de ambos estribos. Pegados á la plancha de la coraza y de 3^m,288 de longitud, eran estos estribos de granito; delante de ellos habia una doble série de barras enlazadas entre sí vertical y horizontalmente y despues el forro de hierro de 0^m,022 de grueso, todo lo cual se hallaba sujeto á los estribos por medio de dos gárfios con pasadores. Delante de dichos estribos estaba la tierra de merlon, que se hallaba bastante removida por los disparos y que fué repuesta de nuevo.

23.° y 24.° *idem*. Dieron en el merlon, fueron desviados sin embargo por la tierra y no penetraron hasta el refuerzo, ó sean las barras mencionadas.

En seguida se volvió á quitar la tierra del merlon para poder dar directamente en el refuerzo ó abrigo del estribo izquierdo.

25.° *disparo*. Penetró en el forro 0^m,022 y por la doble série de barras, quedando clavado el proyectil en esta, sin causar al estribo que está detrás más daño que una fuerte conmocion. El garfio de la izquierda estaba roto y arrancado y partidos ambos pasadores.

26.° *idem*. Dió en la plancha de la coraza en lugar del refuerzo, por cuya razon no se puede hacer aquí mencion de él.

El cañon y la cureña se han sostenido bien; el retroceso de la cureña de Lill, cuya esplanada habia sido cubierta de arena, era con la carga de 2^k,760, de 2^m,182 á 3^m,102, y el de la cureña de ensayo con el freno de 0^m,955 á 1^m,080.

Al 10.° tiro saltó el gancho del freno, habiendo que reemplazarlo con otro; en general, promete este aparato ser de una aplicacion práctica, reforzándolo y variándolo algo. Habiendo la destruccion de la plancha llegado á tal punto, que todos los proyectiles podian penetrar en el interior y dejado de existir, por consiguiente, la ventaja de la abertura mínima, se consideraron como terminados los ensayos.

Se hicieron aun tres disparos con una carga de $1^{k},840$ y con una granada no cargada desde un foso abierto al efecto, con el fin de probar la resistencia de la cureña de ensayo al tirar por depresion; el retroceso, con una inclinacion de ocho grados, era de $0^{m},822$.

La cureña no padeció nada, por más que se habian subido las muñoneras á la mayor altura y el alza habia alcanzado su punto más elevado, habiéndole puesto las cuñas.

Con el fin de probar la resistencia de la cureña aun en sus partes más débiles, se elevaron las muñoneras al punto más alto. A esta altura de los muñones, bien pudiera haberse dado al cañon una depresion de 10 grados, pero la comision no quiso darle más de ocho para evitar que la granada disparada en un foso abierto á 10 pasos delante de la boca del cañon no diese en el suelo y rebotase. Por lo demás, puede aumentarse á voluntad la depresion si conservando la posicion más alta del alza se bajan los muñones.

Acto contínuo y despues de haber corregido los defectos de construccion, los cuales habian impedido hasta entonces dar mayor elevacion que 25 $\frac{4}{16}$ grados, se hicieron ensayos con la mayor elevacion del cañon, los que dieron por resultado que este podia elevarse á 27 $\frac{15}{16}$ grados, si á causa del gran retroceso y respectivamente de la gran carga, se levantaba momentánea y considerablemente la parte posterior del marco.

Debemos hablar aquí otra vez de la necesidad ya mencionada de ensamblar la telera curva en el plano inferior de las muñoneras, puesto que aquellas se movian á cada disparo; y fué empujado hácia la corredera vertical posterior: en cambio pudo colocarse siempre con facilidad en batería, valiéndose para ello de una palanca.

La operacion de montar y desmontar el cañon se efectuó sin novedad alguna despues de corregidos los defectos de construccion que se habian notado el 8 de Mayo; con todo, la maniobra requeria siempre bastante tiempo; en particular

dificultaban las asas del cañon de bronce la operacion de volver éste, lo que tenia que hacerse para sacarlo de la cureña y ponerlo sobre las vigas. Los cañones de hierro sin asas facilitarian esta operacion.

Si bien deben considerarse á la cañonera como completamente desmontada é inservible para sufrir el fuego, sin embargo, ha dado la construccion del blindage tal prueba de consistencia, que la cañonera, despues de la reconstruccion de la abertura anterior, de rellenar la abertura de tierra y de apartar los escombros del interior, puede aun servir muy bien desde un sitio cubierto y á prueba de bomba.

Lo que aun resta por averiguar es, si este ensayo es de gran valor para la fortificacion. De todos modos ha demostrado que á grandes distancias no podrá hacerse nada contra una cañonera acorazada, cuando está provista de una abertura mínima y construida de la manera indicada; que la construccion del blindage es sólida y escelente, quedando en pie aun cuando estén medio destruidos los soportes y las piedras de la base, lo cual habla muy en favor del proponente. Lo que este no ha negado nunca, y por el contrario ha espresado, es que á una distancia de 500 pasos debia destrozarse la coraza y que esto lo lograrian las piezas de mucho calibre más fácilmente que las de poco. El único objeto que puede tener una cañonera construida de esta manera, es obligar al enemigo á tener que adelantarse á distancias cortas en medio del fuego eficaz de unas piezas cubiertas, en cuyo caso se hallan completamente espuestos sus sirvientes y piezas, y á precisarle á llevar consigo piezas de sitio pesadas y de difícil trasporte. Hacer una cosa indestructible, es una imposibilidad en nuestra época; la rivalidad entre la fuerza de la coraza y la del calibre, nos condujo por fin á las máquinas monstruosas que, esperimentadas á porfía en Inglaterra y América, solo en casos especiales podrán emplearse en una campaña. La cureña y el freno han dado muy buenos resultados, sobre todo en el caso especial de la abertura mínima.

Ya durante los ensayos se hizo mencion de los diferentes defectos, y para concluir vamos á enumerar las variaciones deseadas por el mismo Capitan Schumann despues de acabados los ensayos.

La cubierta ó blindage de la casamata debe ante todo tener en la parte posterior $0^m,133$ más de altura. Cuando la mampostería sea bien construida pueden ahorrarse las piezas de sillería. Las planchas de base de los soportes anteriores deben aislarse de la base de mampostería y no unirse con losas. Los soportes ó puntales, así como las vigas transversales, deben escogerse de la mayor dimension de los hierros en T. En cambio pueden los tirantes de la cubierta de igual espesor reducirse á $0^m,088$ de anchura; pero el diámetro de los tornillos de union de aquellos no puede menos de tener $0^m,033$. En la doble série de barras delante de los estribos deben aumentarse y reforzarse las barras de union. Los pernos de cabeza esférica de la plancha no han dado buen resultado, y son preferibles las antiguas cabezas cónicas embutidas. El revestimiento de la abertura de tierra con cestones de alambre debe abandonarse; la abertura de tierra sin revestimiento, pero de poca altura y de talud corrido, parece más ventajoso. Los muelles del freno eran demasiado fuertes y tenian mucha propension á romperse; podrian formarse de seis á ocho hojas respectivamente más delgadas en lugar de las tres que tiene. Al terminar aquí esta relacion, solo hago notar en conclusion, que el Capitan Schumann presentó durante los ensayos á los espectadores un modelo de su nuevo proyecto; el cual se compone de una pieza de artillería portátil colocada sobre un marco, en el cual y cubriendo dicha pieza habia sujeta una caja de hierro que gira con el marco y puede colocarse en cualquier punto de un parapeto abierto. La forma de la parte superior de esta caja, es la de un semi-cono truncado de eje horizontal, cuya base superior mira el brocal del cañon y cuyas paredes laterales llegan verticalmente hasta el marco. La base posterior del cono contiene una parte de hier-

ro, que se compone de una fuerte armazon y el plano esterior de planchas de hierro de $0^{m},011$ de espesor, la cual está bastante resguardada por la forma cónica contra un tiro perpendicular, siempre que este no venga lateralmente. Esta caja, llamada *paletot*, seria de poco coste; esperamos y deseamos se hagan pronto ensayos con ella.

FIN.

Casamata acorazada.

Corte vertical.

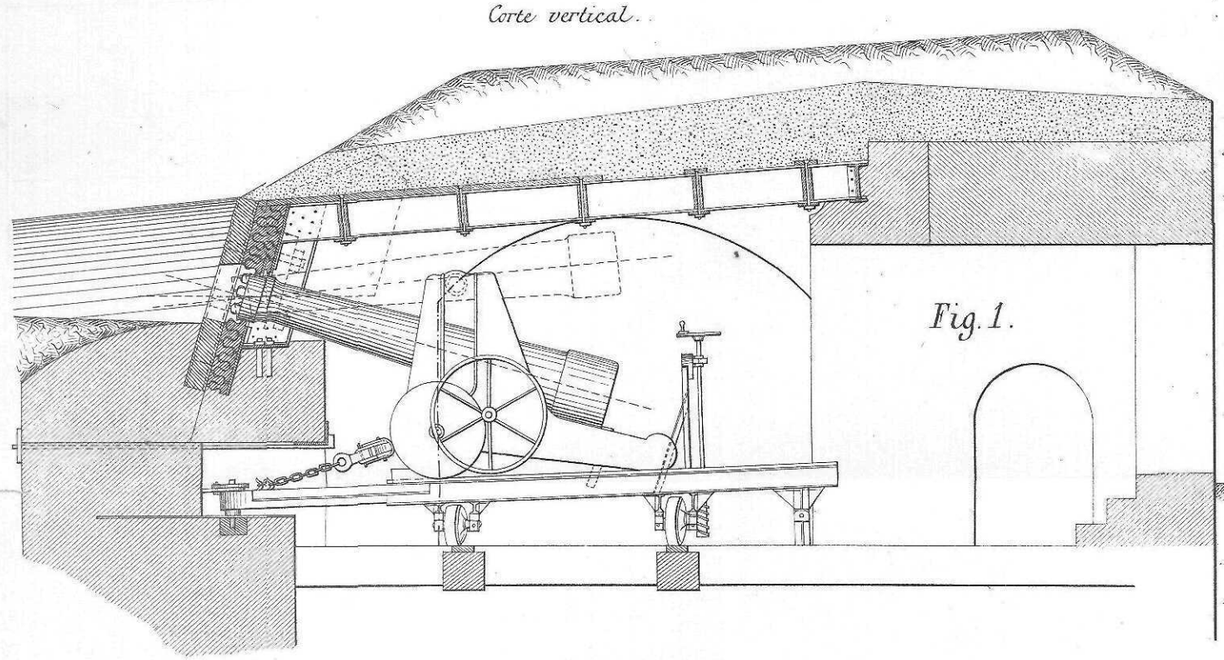


Fig. 1.

Vista esterior.

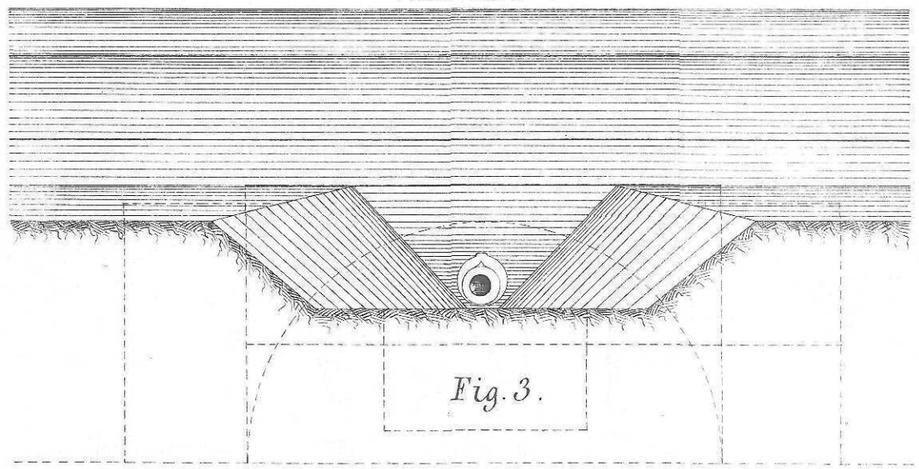
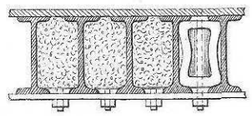
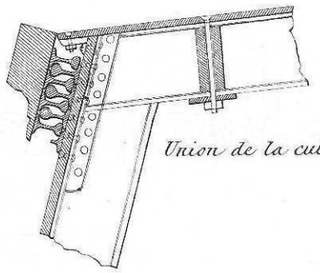


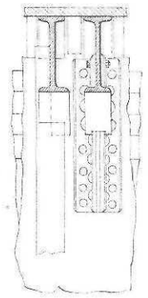
Fig. 3.

Seccion de la cubierta.





Union de la cubierta con la coraza.



Planta y proyeccion de la cubierta.

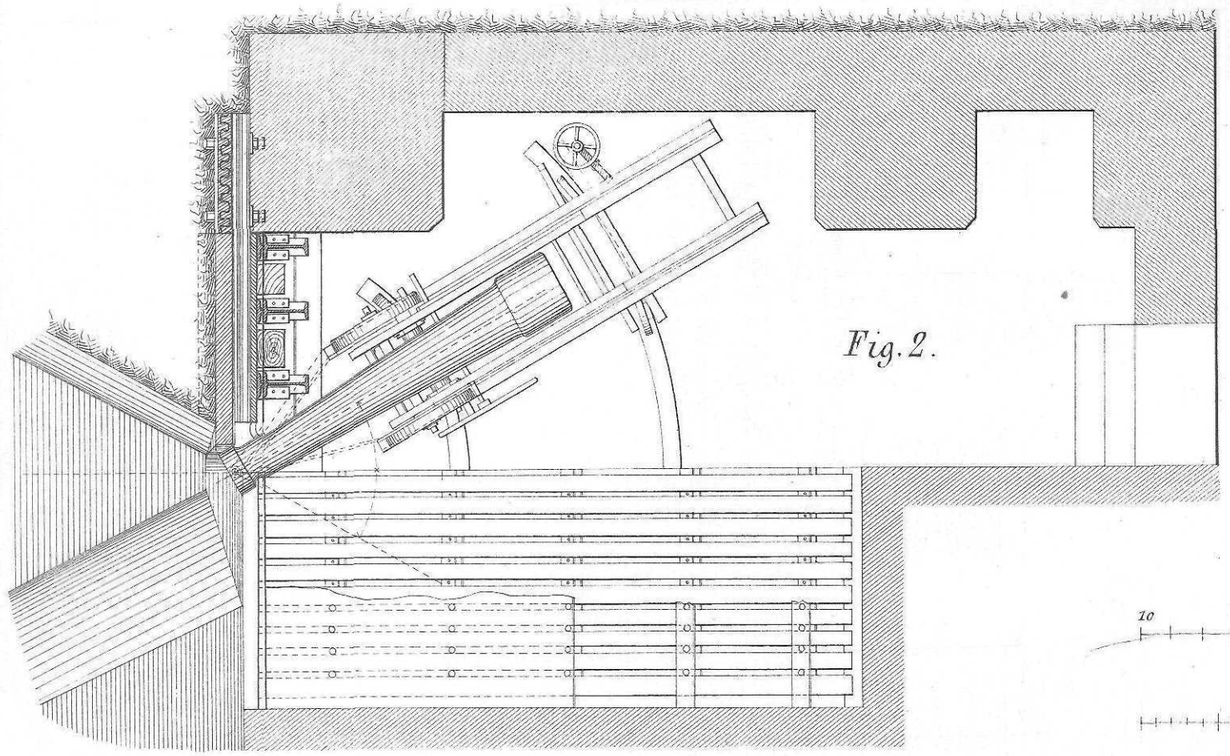
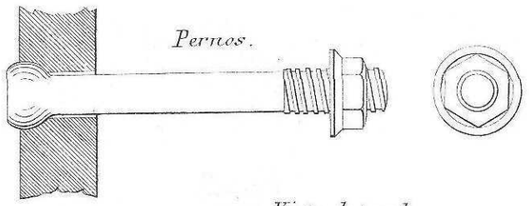
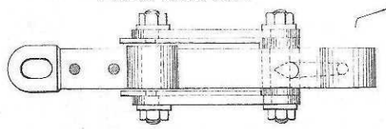


Fig. 2.

Pernos.

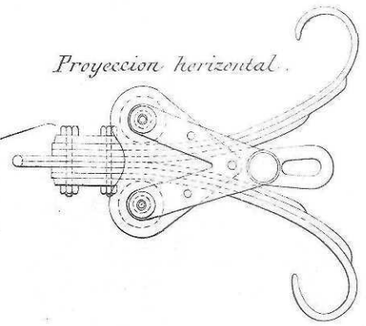


Vista lateral.

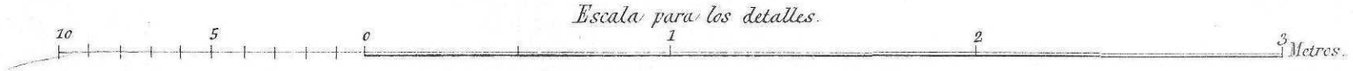


Freno.

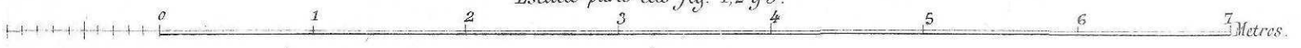
Proyeccion horizontal.



Escala para los detalles.



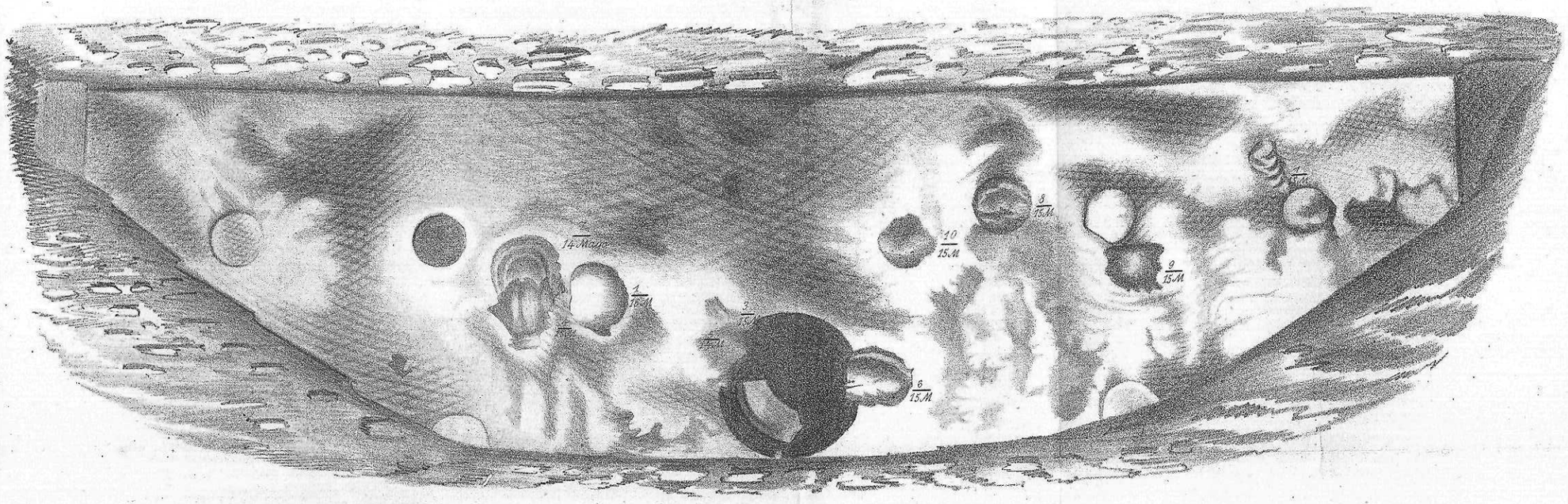
Escala para las figs. 1, 2 y 3.



Grabado por el Cádet J. Fajares.

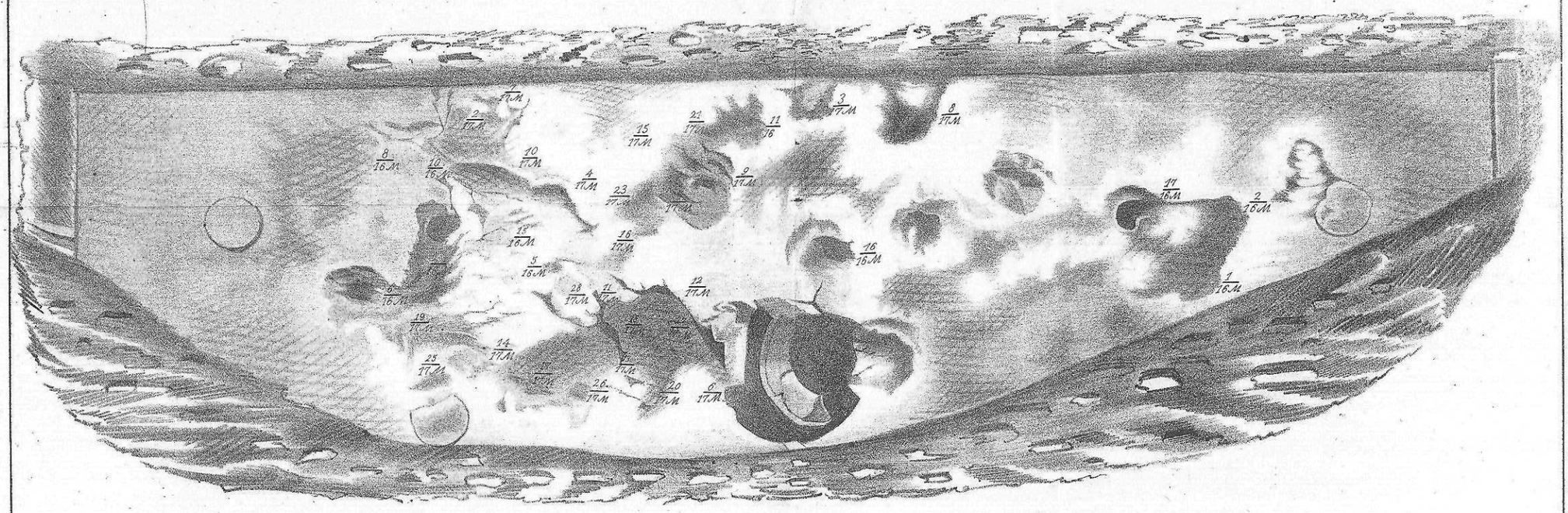
I

14 y 15 de Mayo



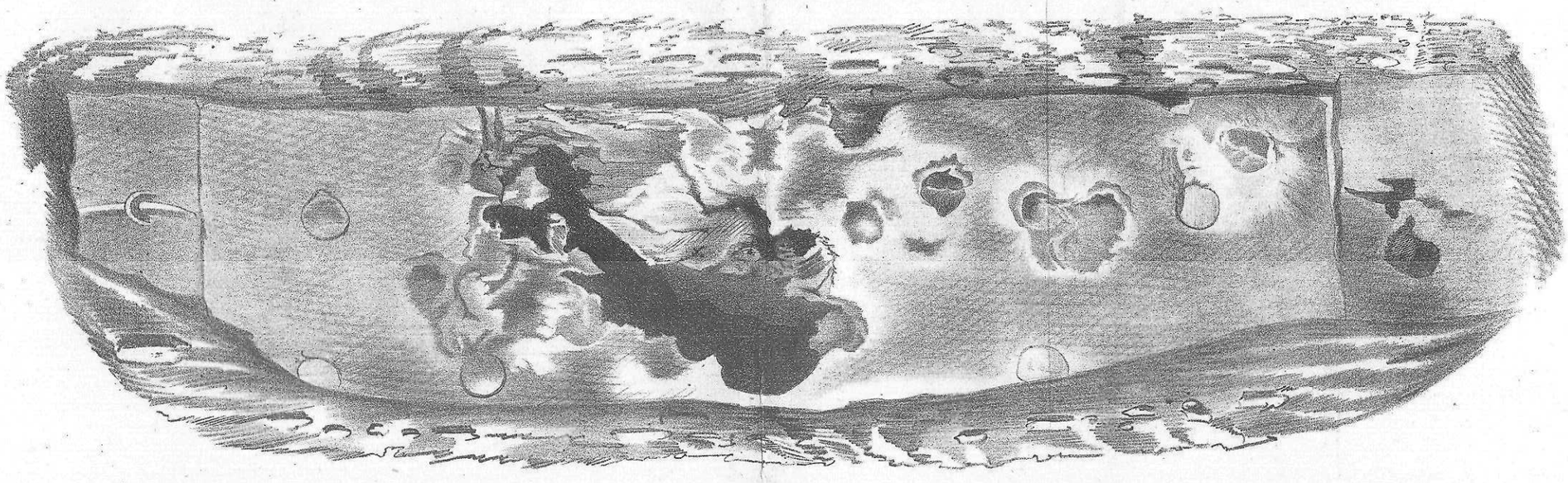
II

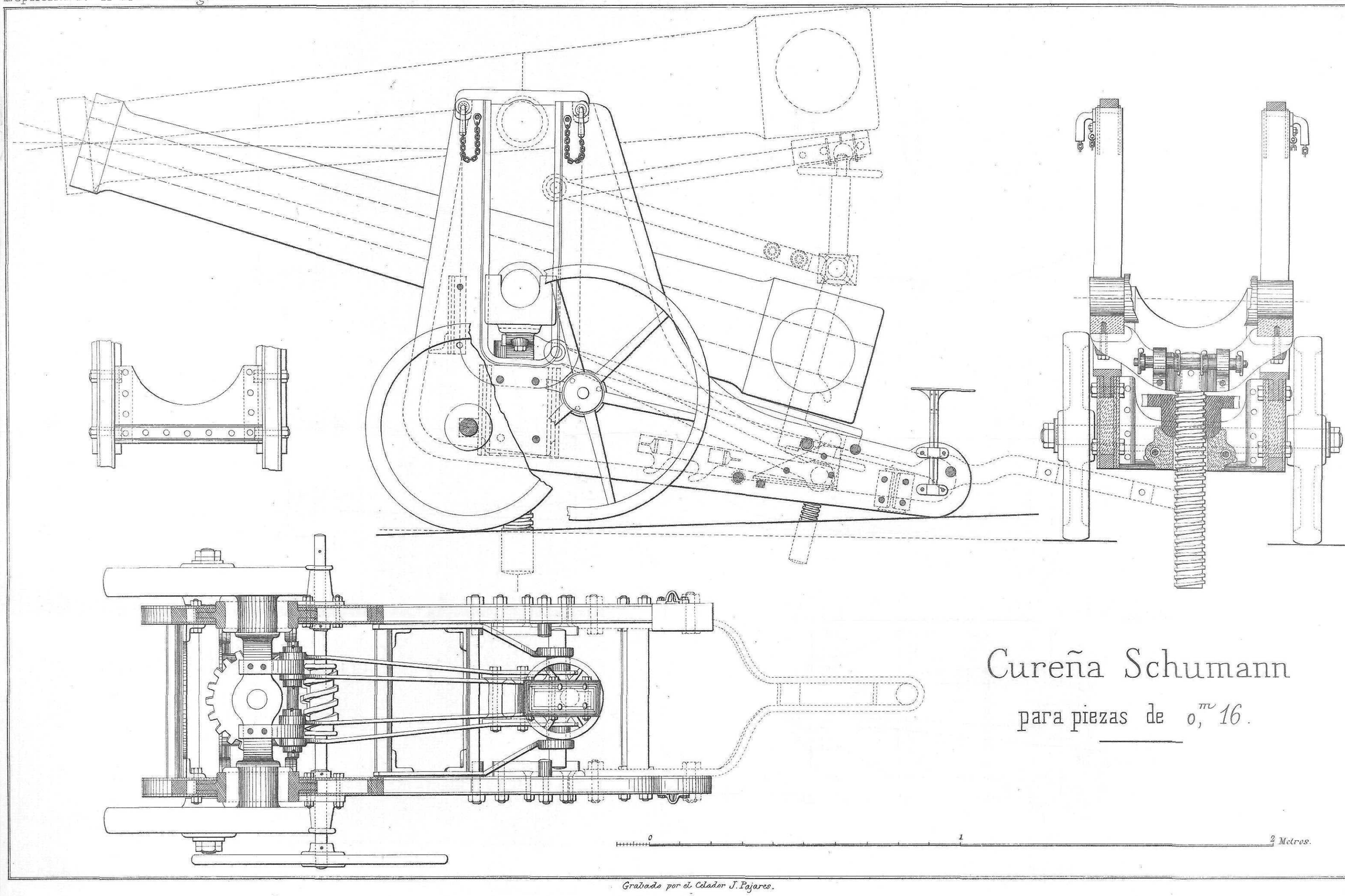
16 y 17 de Mayo



III

18 de Mayo





Cureña Schumann

para piezas de 0,m16.

0 1 2 Metros.

Grabado por el Celador J. Pajares.

CONSEJO DE GOBIERNO Y ADMINISTRACION

del fondo de redencion y enganches del servicio militar.

Circular núm. 86.

Aprobado por Real órden de 14 de Setiembre próximo pasado el *Reglamento provisional* para la ejecucion de la Ley de redencion y enganches de 29 de Noviembre de 1859, con las modificaciones de las de 26 de Enero de 1864 y 24 de Junio de 1867; por este correo, y en pliego separado, remito á V..... ejemplares para su más exacto cumplimiento, y consecuente á las instrucciones preventivas que le dirigí con la circular de este Consejo núm. 85, fecha 17 de Agosto último, que en nada se separan de los preceptos del citado Reglamento.

Es de esperar que su aplicacion no ofrezca duda, pero si alguna ocurriese, los jefes de cuerpo pueden consultarla al Consejo para la resolucion que convenga.

Con el mismo pliego se acompañan tambien ..... ejemplares de dicha ley reformada, para que sean distribuidos á las oficinas y compañías de ese cuerpo.

Dios guarde á V..... muchos años. Madrid 5 de Noviembre de 1867.=El Teniente General, Vocal Gerente,=Conde de Torre-Mata.

REGLAMENTO PROVISIONAL

PARA LA EJECUCION DE LA

LEY DE 29 DE NOVIEMBRE DE 1859,

modificada

POR LAS DE 26 DE ENERO DE 1864

Y 24 DE JUNIO DE 1867.

MINISTERIO DE LA GUERRA.—*Número* 19.—Excmo. Sr.:—Dada cuenta á la Reina (q. D. g.) del Reglamento redactado por ese Consejo en cumplimiento de la Real órden de 8 de Julio último, para la ejecucion de la Ley de redencion y enganches del servicio militar, reformada por la de 24 de Junio anterior, y teniendo en cuenta la necesidad de publicar desde luego el expresado Reglamento para que no sufra interrupcion alguna el movimiento natural de los enganches y reenganches, segun expone V. E. en escrito separado de 17 de Agosto próximo pasado, se ha dignado S. M. aprobarlo con las modificaciones que aparecen del adjunto ejemplar, y en concepto de provisional, ínterin se aprueba definitivamente prévia consulta del Consejo de Estado cual procede con arreglo á la disposicion primera del art. 45 de la Ley orgánica de este alto Cuerpo. Al propio tiempo se ha servido S. M. autorizar á ese Consejo para que imprima y circule dicho Reglamento con el referido carácter de provisional, para que desde luego se lleven á efecto sus disposiciones. De Real órden lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes. Dios guarde á V. E. muchos años.—Madrid 14 de Setiembre de 1867.—EL DUQUE DE VALENCIA.—Sr. Presidente del Consejo de Redenciones.

REGLAMENTO PROVISIONAL

para la ejecucion de la Ley de 29 de Noviembre de 1859, modificada por las de 26 de Enero de 1864 y 24 de Junio de 1867, sobre la administracion é inversion del fondo procedente de las redenciones del servicio militar y de la forma en que se han de reemplazar sus bajas en el Ejército.

CAPITULO PRIMERO.

Del fondo.

Artículo primero. El fondo de redencion se compondrá:

1.° Del producto de las redenciones.

2.° De los intereses que produzcan las cantidades que se impongan en la Caja general de Depósitos.

3.° De las utilidades que rindan las rentas del Estado que periódicamente se puedan comprar.

4.° De las cantidades que los voluntarios y reenganchados dejen de percibir.

5.° De las donaciones y legados que se hagan en favor del Ejército, sin expreso destino ú objeto especial.

CAPITULO II.

Del Consejo de Gobierno.

Art. 2.° Corresponde al Consejo, la administracion, inversion y distribucion de todas las cantidades que ingresan en el mismo por los conceptos ya espresados. Es de sus atribuciones tambien, resolver en definitiva sobre la admision ó no, de los individuos al goce del premio y ventajas que otorga la Ley, dictando cuantas disposiciones juzgue conducentes para el buen desempeño de la mision especial que le está confiada, con objeto de cubrir con voluntarios las bajas de la redencion, todo conforme al artículo 7.° de la Ley y con arreglo á las facultades

que al mismo le han sido conferidas por Reales órdenes de 18 de Julio de 1862 (núm. 1), y 3 de Mayo de 1866 (núm. 2).

Art. 3.° Los Gobernadores de las provincias remitirán al Consejo con la oportunidad conveniente las cartas de pago que representen las cantidades producto de las redenciones, y aquellas autoridades recibirán del Consejo el competente recibo-resguardo.

Los Jefes de los Cuerpos enviarán asimismo al Consejo las cartas de pago de los individuos que en los suyos respectivos se rediman con arreglo al art. 4.° de la Ley, no olvidándose de cumplir las prescripciones que contiene la Real órden de 10 de Marzo de 1864 (núm. 3).

Art. 4.° El Consejo, en cumplimiento de lo que dispone el artículo 5.° de la Ley, remitirá á la Caja general de Depósitos las cartas de pago que reciba de los Gobernadores de las provincias, é igualmente las que envien los Jefes de los Cuerpos y las que se realizan en la Caja central de Ultramar por redenciones en aquellos dominios, dando la Caja de Depósitos en equivalencia de todas estas cartas de pago, otras que las representen, las cuales servirán para comprobar la cuenta que ha de llevar el Consejo con dicha dependencia.

Art. 5.° Las cantidades que por cualquier otro concepto reciba el Consejo, serán seguidamente entregadas en la Caja general de Depósitos, conforme á lo mandado en el art. 3.° de la Ley, espidiéndose contra dicha Caja los libramientos correspondientes á los pagos que sea necesario efectuar.

Para los pagos que hayan de verificarse en las provincias, se pedirán al Tesoro letras sobre las mismas, se espedirá el oportuno libramiento contra la Caja general de Depósitos, entregando su importe en la Tesorería central y recibiendo en su equivalencia los giros correspondientes.

Art. 6.° Para la ejecucion de cuantos actos sean de la competencia del Consejo se entenderá directamente con los Gobernadores de las provincias y con todos los Directores de las armas y demás autoridades dependientes del Ministerio de la Guerra.

Art. 7.° A fin de que tenga cumplido efecto lo mandado en el párrafo 2.° del art. 3.° de la Ley, el Consejo, despues de cubiertas las atenciones ordinarias, podrá invertir oportuna y prudentemente en títulos de la Deuda pública, ú otros valores

del Estado, las existencias metálicas escedentes, cuyos títulos ó inscripciones, se depositarán en la Caja general de Depósitos.

Cuando las atenciones del reemplazo lo reclamasen podrá el Consejo disponer la venta de estos títulos ó valores necesarios, llevando de dichas operaciones la más exacta y puntual cuenta y razon.

Art. 8.° De conformidad con lo ordenado en el art. 2.° de la Ley, el Consejo formará la cuenta detallada y documentada de todos los ingresos y gastos ocurridos durante cada año económico del mismo, y la remitirá para su exámen y aprobacion al Tribunal de Cuentas del Reino, en los primeros meses siguientes al año fenecido.

Art. 9.° El Consejo presentará tambien anualmente al Ministerio de la Guerra una memoria razonada de sus operaciones y trabajos durante el año anterior. En ella espondrá al Gobierno cuantas mejoras, alteraciones y reformas juzgue convenientes para dar mayor estímulo al ingreso voluntario en el Ejército y hacer más fácil y ménos costoso su reemplazo.

Art. 10. Las resoluciones que adopte el Consejo, serán por mayoría absoluta de votos decidiendo el Presidente en caso de empate: su reunion tendrá lugar mediante citacion del Presidente cuantas veces lo requiera el despacho de los asuntos ordinarios cometidos al mismo, ú otras atenciones estraordinarias del servicio.

Art. 11. No podrá tomarse resolucion alguna de importancia sino se hallaren presentes al ménos la mitad de los Vocales, contándose entre ellos el Presidente ó quien haga sus veces.

Art. 12. De todos los acuerdos del Consejo se llevará por el Secretario un libro de actas en que consten aquellos.

Art. 13. Para el despacho de los asuntos cometidos al Consejo, habrá además del Secretario el número de empleados que la esperiencia acredite ser necesarios, á cuyo fin se autoriza al Presidente para proponer la plantilla que ha de regir segun las necesidades del servicio.

Art. 14. Determinado por reglamento aprobado por S. M. en 25 de Enero de 1861, cuáles son las funciones del Gerente, Secretario y demás empleados en el Consejo, es de la atribucion del primero variar el órden interior de los trabajos, segun convenga al mejor servicio.

CAPITULO III.

De las redenciones y devoluciones.

Art. 15. Los quintos que deseen redimir su suerte á metálico con arreglo al art. 139 de la Ley de reemplazo y en el tiempo que determina el 152 de la misma, entregarán en las dependencias de la Caja general de Depósitos de las provincias y en Madrid en la Central, la cantidad fijada para dicho objeto, de cuyas dependencias obtendrán las correspondientes cartas de pago á favor del fondo de redencion, espresándose en ellas el concepto de la imposicion, nombre del quinto, número que le tocó en el sorteo, cupo y provincia á que corresponde.

Art. 16. Presentadas estas cartas de pago ante los Consejos provinciales, les será espedido en compensacion, un certificado de libertad con el cual justificarán en todo tiempo haber redimido su suerte.

Art. 17., Terminadas todas las operaciones del reemplazo y la entrega de los quintos, remitirán los Gobernadores al Consejo, segun queda dicho en el art. 3.°, las cartas de pago de los redimidos, figurando este resultado en la Memoria anual que ha de publicarse.

Art. 18. Los Comandantes de las Cajas de quintos, remitirán tambien á la Gerencia del Consejo el estado de los voluntarios que se hallen sirviendo en las filas, á quienes se declara soldados por su suerte é ingresan en Caja como tales, con la especificacion del año en que sentaron plaza, la clase y cuerpo en que sirven, el cupo á que corresponden y la fecha de su entrada en Caja, cuyos antecedentes se requieren para ordenar que se suspenda el abono de premio que disfrutaban.

Art. 19. Cuando se disponga por la superioridad que se haga la devolucion á algun quinto del precio de su redencion, como comprendido en el art. 153 de la Ley de quintas ú otro concepto análogo, el Consejo formalizará la liquidacion correspondiente del capital é intereses á razon de 3 por 100 que proceda devolverse, girando su importe á los interesados por medio de los Gobernadores de las provincias respectivas, quienes al entregar estas cantidades exigirán y remitirán al Consejo el certificado de libertad que obtuvieron los quintos, sirviendo

este documento en su dia, de comprobante del reintegro efectuado.

CAPITULO IV.

De los reenganches y empeños voluntarios.

Art. 20. Los reenganches deberán efectuarse mediante una solicitud de los interesados al Jefe del cuerpo respectivo, manifestando en ella el tiempo porque se comprometen á servir, y los Jefes resolverán segun la conducta, antecedentes y demás circunstancias de los interesados.

Art. 21. Cuando el reenganche haya de ser por el plazo de ocho años podrá solicitarse dentro de los últimos seis meses del compromiso anterior que sirvan, y se les condonará el tiempo que les faltare para estinguirlo, abonándoles, sin embargo, el total del premio.

Art. 22. Los individuos que hubiesen contraido matrimonio con licencia competente durante su permanencia en las filas, obtendrán el reenganche lo mismo que los solteros, disfrutando los beneficios de la Ley sin restriccion alguna.

Art. 23. Los destinados al Regimiento Fijo de Ceuta por providencia gubernativa, podrán ser admitidos al reenganche, siempre que llenen las condiciones que se preceptúan en la Real órden de 12 de Julio de 1865 (núm. 4).

Los Sargentos y Cabos que hubieren sido despedidos del servicio por medida gubernativa, no deben ser admitidos nuevamente, conforme á lo mandado en Real resolucion de 11 de Julio de 1867 (núm. 5).

Art. 24. Los reenganches que se contraigan en Ultramar con destino al Ejército de la Península, deberán ser cuando menos por el plazo de tres años, en conformidad á lo establecido por Real órden de 22 de Diciembre de 1863 (núm. 6); pero los que se admitan para continuar sirviendo en Ultramar, podrán reducirse á uno ó dos años con arreglo al art. 17 de la Ley y de las disposiciones generales que al efecto se dicten para aquellos ejércitos.

Art. 25. Los Sargentos primeros, que próximos á cumplir el tiempo de su empeño, deseen continuar en la carrera, han de solicitarlo de sus Jefes inmediatos con la anticipacion que

marca el art. 19 de la Ley; estos cursarán sus instancias documentadas al Director respectivo con detallado informe de los antecedentes que les hacen ó no en su concepto acreedores á esta gracia, el cual las remitirá al Gobierno en relaciones mensuales con expresion de su parecer, á fin de que recaiga la definitiva resolucion. Esta podrá adoptarse en Ultramar por los Capitanes generales respectivos, dando cuenta nominal y fundada para la confirmacion, pero no recaerá en ningun caso en uno ni en otro ejército, sin que los interesados reunan evidentemente las condiciones expresadas en el precitado artículo, cuyo concepto han de merecer siempre, para hacerse acreedores á la continuacion en el servicio.

Art. 26. Los Sargentos que se hallen en las filas sin opcion á premio pecuniario, cuyos empeños voluntarios sean anteriores á la Ley, podrán venir á sus ventajas desde la fecha de la misma, ó sea el 24 de Junio de 1867; entendiéndose que los Sargentos primeros disfrutarán el sobre sueldo que por sus años de servicio les corresponda, segun el art. 19, y los Sargentos segundos podrán establecer un compromiso de continuacion en el servicio, de los señalados en la misma Ley.

Art. 27. Los Sargentos reenganchados para Ultramar con el fin de obtener este ascenso entrarán en las condiciones de la Ley, si quisieren, cuando extingan el tiempo de su primitivo empeño, y gozarán sobre sueldo ó premio pecuniario, segun sean primeros ó segundos, pero estos últimos habrán de formalizar compromiso de continuacion por uno de los plazos de la Ley, á tenor de lo establecido en las Reales órdenes de 8 de Noviembre de 1862 y 3 de Febrero de 1865 (números 7 y 8).

Cuando el tiempo de su compromiso de premio finalizase, pero no el de su permanencia en Ultramar, en ese caso gozarán las ventajas que establece la Real órden de 6 de Enero de 1865 (núm. 9), con sujecion y en la forma que determina esta Ley, segun la clase de cada uno.

Art. 28. En conformidad al art. 17 de la Ley, pueden admitirse los empeños sucesivos hasta la edad de 45 años, y por excepcion hasta los 50 en el cuerpo de la Guardia civil, obreros de Artillería, de Ingenieros, de Administracion militar y Compañías sanitarias, siempre que los aspirantes reunan condiciones que hagan conveniente su continuacion en el servicio.

Cuando al finalizar su último empeño unos ú otros se aproxi-

men en dos ó en un año á lo menos, á la edad de 45 ó 50 años, se les admitirá el reenganche por este plazo, como caso tambien excepcional y si reunen las buenas condiciones de aptitud requeridas, con el fin de que gocen el beneficio de la Ley por todo el tiempo que ella lo consiente; entendiéndose que tales compromisos han de formalizarse por año ó años completos y no por fracciones de año.

Art. 29. Si llegase el caso de que el número de los reenganchados ó voluntarios que gozan los beneficios de la Ley, excediese al de los redimidos, el Consejo dará cuenta al Gobierno para su conocimiento y resolucion que convenga.

Art. 30. El enganche ó empeño de un voluntario ó licenciado se admitirá como hasta aquí por los Jefes de los Cuerpos y de los Centros de recluta cuando llenen los enganchados las condiciones marcadas en el art. 16 de la Ley.

Como segun lo establecido en la Real órden de 11 de Julio de 1867 (núm. 5), el alta de estos individuos no podrá tener lugar antes del dia 1.° de cada mes, si los cuerpos se hallan con el completo de fuerza designada por el Gobierno, se les hará entender á los voluntarios á su presentacion, que ó deben esperar para su alta á la primera revista administrativa, ó en otro caso no disfrutarán haber hasta aquella fecha, pero con el fin de que no carezcan de lo suficiente para su manutencion, ha de dárseles diariamente el plus que devengan desde el dia de su compromiso, y asimismo la cuota de entrada cuyos pagos se satisfarán de la cantidad que el Consejo tiene adelantada á los cuerpos para estas y otras atenciones perentorias.

Art. 31. Para la admision de los obreros de Ingenieros, de Artillería y Compañías de administracion militar, ya como enganchados ó reenganchados, segun expresa la Real órden de 26 de Octubre de 1860 (núm. 10), ha de tenerse presente lo que en la precitada Real resolucion se dispone.

Art. 32. Respecto á la admision de individuos libres, de color, en la Compañía de Fernando Poó, regirá lo mandado en Reales órdenes de 23 de Abril y 4 de Diciembre de 1862 (números 11 y 12).

Art. 33. Los Sargentos, Cabos y soldados que despues de obtenida su licencia deseen volver al servicio de las armas; los que hallándose en la segunda reserva soliciten y obtengan el pase al Ejército activo y los paisanos que se presenten á sentar

plaza, siendo cualquiera de los nombrados de estado casado, para ser admitido al premio ha de sujetarse á las condiciones prefijadas en la Real órden de 21 de Febrero de 1863 (núm. 13).

El batallon ligero provisional y Maestranza de Artillería de Canarias, la Guardia civil, los obreros de Artillería, de Ingenieros, de Administracion militar, Compañías sanitarias y demás institutos que se rijan por reglamentos especiales, se atendrán en cuanto á la admision de casados, á lo que los mismos reglamentos determinen respecto á los individuos de cada clase.

Art. 34. Para obtener los beneficios de la Ley, solo se admitirán españoles; ó extranjeros, cuando puedan estos ser considerados como españoles por estar naturalizados en España, ó acogidos al pabellon español con renuncia de todo fuero de extranjería en la forma que determinan las Leyes, justificando préviamente esta circunstancia.

Art. 35. Tanto á los enganchados como á los reenganchados con premio, se les hará entender al sentar sus compromisos que tienen que cumplirlo dia por dia, salvo la única excepcion que contiene el art. 16 de la Ley y que no pueden ceder ni cambiar el premio por otra gracia conforme á lo establecido en el art. 22 de la misma.

Art. 36. En el tiempo que media desde el dia del sorteo anual, hasta que los quintos ingresan en caja, no se admitirá el compromiso que quisieran contraer los mozos que hubieren jugado la suerte, sin que presenten un certificado del Presidente del Ayuntamiento respectivo, en el que conste el número que les tocó en el sorteo, cuántos son los soldados pedidos al pueblo y hasta qué número alcanzó la responsabilidad en el año anterior, pudiendo admitírseles si resultasen con número mas alto que este.

Los que hubieren entrado en suerte en años anteriores, si se presentan al enganche en el período dicho, deberán exhibir un certificado de irresponsabilidad, segun lo dispone la Real órden de 24 de Julio de 1867 (núm. 14).

Art. 37. Los que se presenten á enganche menores de 20 años y mayores de 17 años comprendidos en el art. 20 de la Ley, pueden ser admitidos sin dificultad si reunen las condiciones de robustez requeridas, y además, la talla reglamentaria, porque el certificado anteriormente exigido de exencion de quintas solo es necesario para los que hayan entrado en suerte

con objeto de evitar que reciban capciosamente la cuota de entrada, cuando saben ó presumen que son soldados por su número. Lo mismo podrá verificarse en los ejércitos de Ultramar, pero en la Península no podrán admitirse voluntarios para aquellos ejércitos, menores de 19 años, segun lo mandado en el Reglamento de recluta aprobado en 27 de Octubre de 1865.

Art. 38. Los cuerpos del Ejército de la Península seguirán admitiendo como está reglamentado, voluntarios de ménos edad que la prefijada en el art. 20 de la Ley, pero con las restricciones siguientes. A los que no cuenten 17 años de edad, no se les pondrá en posesion del premio hasta el dia siguiente de cumplirlos, renovando entonces los voluntarios su compromiso por uno de los plazos prefijados en la Ley, nunca menor al tiempo que les restaba por el anterior que servian; y para que la formalizacion de este empeño con premio se verifique, es circunstancia precisa que los interesados, además de la talla de reglamento, reunan el precoz desarrollo, robusta constitucion física que se necesita para el servicio en paz y en guerra, lo cual se justificará por medio de certificacion facultativa, que ha de remitirse al Consejo.

Los que no reunan estas circunstancias de aptitud física al cumplir la edad de 17 años, no serán puestos en posesion del premio sino á medida que las vayan adquiriendo.

Así respecto á estos como á los de que se trata en el párrafo anterior, se tendrá entendido que sus derechos pecuniarios y el tiempo de empeño con tales ventajas solo ha de contarse desde la fecha en que firmaron el nuevo compromiso.

Art. 39. El abono del primer plazo de premio para los menores de 19 años, se efectuará dándoles la mitad en el dia en que sienten su compromiso, y la otra mitad á los seis meses, sin que sea óbice el que no está justificada su irresponsabilidad de quintas, porque no habrán entrado en ellas.

A los mayores de 19 años en razon á su proximidad á la quinta, no se les dará la segunda mitad de la cuota hasta que presenten el certificado de irresponsabilidad.

Art. 40. Los individuos que sean destinados á los cuerpos de la Península procedentes de los depósitos de bandera para Ultramar ó de los centros de recluta establecidos ó que se establecieren para dichos dominios, serán admitidos conforme á lo dispuesto en las reglas 8.ª, 9.ª, 10 y 12 de la Real órden de 1.º de

Abril de 1864 (núm. 15), y como el premio en Ultramar se bonifica por esta Ley, y por consiguiente la parte de cuota que hayan podido percibir resultará aumentada con una diferencia proporcional, siendo así, que no yendo á Ultramar no llegan á entrar en el goce de tal beneficio, esa diferencia de más que hubieren recibido, se descontará, al completárseles el total del primer plazo de premio, que recibirán como cualquiera otro enganchado en la Península.

Art. 41. Con el objeto de que los Jefes de los cuerpos y de los centros de recluta para la Península, pueden atender á los gastos de escritorio y gratificar á los comisionados que presenten mayor número de voluntarios de buenas condiciones, se abonará por el Consejo, medio escudo por cada año de enganche que contrataren, segun así se halla dispuesto en Real órden de 8 de Noviembre de 1862 y Circular del Consejo de 1.° de Diciembre del mismo año (números 16 y 17).

Los Jefes tendrán presente que el celo que despleguen y los resultados que obtengan, estimulando el reenganche en los regimientos que mandan y atrayendo á ellos mayor número de voluntarios, les servirá de especial recomendacion para los adelantos en la carrera, conforme así se dignó S. M. declararlo en Real órden de 26 de Octubre de 1860 (núm. 18).

Art. 42. En cumplimiento á lo que previene la Real órden de 28 de Mayo de 1860 (núm. 19), se leerá á las tropas una vez al mes la Ley de redencion y enganches, para que conozcan los beneficios que reporta la continuacion en el servicio; y el conocimiento de la misma, será tambien objeto de enseñanza en la academia de Sargentos y Cabos.

Art. 43. Los cuerpos remitirán al Consejo, cerrados por fin de cada mes y en los primeros cinco dias del inmediato, los estados nominales de reclamacion, conformes al formulario que diere el Consejo, y autorizados por el Comisario que hubiere pasado la revista respecto á la existencia y destinos que en él figuren; en cuyos estados ha de expresarse la cantidad que á cada individuo le haya correspondido con arreglo á la Ley, ya sea por sobresueldo, premio de enganche, de reenganche, plus, vencimiento de plazo, ó gratificacion de recluta; y el Consejo despues de su exámen hará los abonos correspondientes.

Art. 44. En igual fecha que el estado anterior y tambien cerrado por fin de mes, remitirán los cuerpos separadamente

con su respectivo oficio el estado de voluntarios sin premio á que se contrae la circular núm. 84 del Consejo (núm. 20).

Art. 45. Todo abono ó beneficio de la Ley debe ser satisfecho con la más exacta puntualidad y los Jefes tendrán presente sobre este punto las reiteradas prevenciones hechas en las circulares 37, 44, 49, 70, 73 y 79 del Consejo, así como la Real órden de 3 de Mayo de 1866 (núms. 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27).

Para que este importante fin se logre y no pueda alegarse disculpa en asuntos de tanto interés para bien del servicio y amor á la carrera militar, el Consejo adelantará á los Jefes de los cuerpos encargados de los centros de recluta, la suma que conceptúe necesaria para que en calidad de depósito tengan unos y otros con que subvenir puntualmente á las preferentes atenciones de la Ley, sin perjuicio de que cada mes, y despues de examinadas las reclamaciones, se haga el giro de su importe.

Art. 46. Segun lo dispone el art. 29 de la Ley, todos los empeños contratados con anterioridad á la fecha de la misma, ó sea el 24 de Junio de 1867, continuarán sujetos á las condiciones reglamentarias del dia en que se contrajeron.

Art. 47. Por consecuencia del artículo anterior, para la concesion de los pluses y sobresueldos, se observará lo siguiente:

1.° Los Sargentos primeros seguirán disfrutando de los premios de constancia de que están en posesion hasta que les corresponda optar al inmediato premio superior por sus años de servicio. En este caso serán consultados como hasta aquí á las direcciones respectivas para que se les expida la cédula provisional de tiempo de servicio que corresponda al distintivo exterior á que se refiere el art. 19 de la Ley, por lo que serán comprendidos en el estado de reclamaciones del Consejo para el plus que deban disfrutar con arreglo al tiempo abonable de sus servicios, y segun los plazos señalados por la misma Ley, cesando en el goce de los anteriores premios desde que opten á estas ventajas. Los Directores continuarán remitiendo los expedientes al Tribunal Supremo de Guerra y Marina para la clasificacion definitiva que continuará otorgándose por S. M. en la misma forma que viene verificándose para los premios de constancia y está en práctica para los demás efectos respecto á los retirados.

2.° Los Sargentos primeros que se hallan sirviendo su compromiso de reenganche anterior á la reforma de la Ley de 24

de Junio de 1867, continuarán en sus actuales goces, tengan ó no premios de constancia, porque la Ley no tiene efecto retroactivo. Pero el dia que terminen su compromiso, si el Gobierno les consiente la continuacion en el servicio, entrarán en las condiciones de la reforma, cesando de percibir los premios de constancia, si los tuvieren.

3.° Los Sargentos primeros que, siguiendo su compromiso de reenganche anterior á la reforma, y disfrutando á la vez su premio de constancia de que ya estaban en posesion, llegan por sus años de servicio á adquirir opcion á mayor premio de constancia, sin que hayan finalizado el plazo de reenganche que se hallan sirviendo, continuarán en el goce de aquel premio de constancia y sin aumento de plus hasta que terminado su reenganche vengan á los beneficios de la Ley, ó bien, si lo prefieren, entrarán de lleno en las condiciones y ventajas de la misma, dándole por fenecido su compromiso de reenganche y por caducado el premio de constancia que disfrutaban.

4.° Los Sargentos primeros que hoy se hallan en las filas, no como reenganchados y sí porque el Gobierno se lo haya permitido, si disfrutan premio de constancia no podrán optar al sobresueldo por ser incompatible; y únicamente cuando hubieren de ser propuestos para otro premio de constancia mayor, es cuando en vez de elevarse la propuesta al Tribunal Supremo de Guerra y Marina, se les acreditará el sobresueldo diario que por sus años de servicio les corresponda; pero si prefieren optar á este sobresueldo en equivalencia del premio de constancia de que se hallan en posesion, podrán renunciar este, y se reclamará para ellos desde luego el sobresueldo diario con arreglo á la Ley, siguiéndose respecto á la cédula de tiempo la norma establecida cuando lleguen al plazo en que optarian al mayor premio de constancia.

Esta práctica se observará del mismo modo con las clases asimiladas á la de Sargentos primeros.

5.° Los Sargentos segundos que hoy existan, continuarán con las condiciones de sus respectivos compromisos, y á medida que los vayan terminando, entrarán por reenganches sucesivos en el goce del premio pecuniario y pluses de un real y cincuenta céntimos, dos y tres reales; segun cuenten 8, 14 y 20 años de servicio, como compensacion del premio de constancia para el cual no deben ser propuestos.

6.° Los de dicha clase que estén además en posesion de un premio de constancia, continuarán disfrutándolo, sin obtener otro mayor sobre el premio y plus de su actual compromiso; pero al terminar éste y contraer reenganche, entrarán de lleno en las condiciones de la reforma, cesando por consiguiente en el percibo del premio de constancia, puesto que en cambio reciben aumento de plus.

7.° La misma regla y el propio órden, se seguirá con respecto á los Cabos, soldados é individuos de banda que tengan ó cumplan en lo sucesivo 15 ó 20 años de servicio.

La norma establecida con los Sargentos primeros para que sucesivamente obtengan las cédulas de tiempo de servicio que se espiden por los Directores, será aplicable á todas las demás clases de tropa cuando por vencimiento de mayores plazos les corresponda aumentar el honroso distintivo de constancia militar.

8.° Todas las clases de tropa tendrán derecho á que se les cuenten como tiempo efectivo para los efectos del plus ó sobresueldo, los abonos que les hayan sido otorgados, con tal que dichos abonos sean de los declarados acreditables para premios de constancia; pero la acumulacion de ellos á los efectivos servicios, no ha de tener lugar sino con arreglo á las disposiciones vigentes.

Art. 48. Los Sargentos segundos, Cabos, soldados é individuos de banda que deseen continuar en activo, al corresponderles pasar á la segunda reserva, serán admitidos por sus Jefes con arreglo á las instrucciones que hayan recibido del Consejo de redenciones y de los Directores respectivos, quienes cuidarán especialmente en las clases de tropa, que esto no tenga lugar cuando por esceso de personal ú otra causa, no fuese conveniente al servicio. En el caso de que fueran llamados á las armas los individuos de la segunda reserva á cuya quinta correspondan los Sargentos segundos, Cabos, soldados é individuos de banda que, por haber quedado en activo servicio, renunciando el pase á la segunda reserva y mediante permiso obtenido para ello, estuviesen en posesion del premio pecuniario, cesarán aquellos en el goce de éste desde el dia que se fije para la incorporacion de aquellos y serán considerados para los efectos de la liquidacion como un voluntario á quien le toca la suerte de soldado.

Art. 49. Los individuos todos de la segunda reserva á quienes se conceda el pase al Ejército activo, lo han de verificar en la clase de soldado, como así lo dispone el art. 19 de la Ley; considerándoles como reenganchados, y obtendrán el premio que marca el art. 18, siempre que se comprometan á servir uno de los plazos de la misma Ley, nunca inferior al tiempo que les resta para estinguir su empeño, y en el caso espresado en el artículo anterior de ser llamados á las armas los individuos de la propia quinta, se considerarán caducados estos compromisos de premio, verificándose la liquidacion en la forma ya referida.

Art. 50. Las permutas de situacion y tiempo de servicios están prohibidas por Real órden de 10 de Julio de 1867 (número 28), y no se cursarán las instancias en que se soliciten.

Art. 51. A todo individuo de los que gozan beneficios de la Ley se les formará y entregará una libreta en la que además de constar el dia en que sentó su compromiso y tiempo por el que lo formalizó, ha de seguírsele su ajuste de premio.

Otro tanto deberá verificarse respecto á los Sargentos primeros con goce de sobre sueldo para el ajuste de estas ventajas, que no se relacionan con su cuenta de haberes.

Art. 52. Siendo precepto terminante de la Ley que todo enganchado ó reenganchado ha de servir dia por dia el tiempo de su compromiso, la segunda parte del art. 30 de dicha Ley solo se refiere á los individuos sin premio que por su voluntad, por suerte ó por nombramiento del Gobierno vayan á Ultramar con determinado tiempo de rebaja.

Al renunciar estos individuos al tiempo de rebaja que se les otorgó para ir á Ultramar, adquieren el derecho al premio bajo el tipo allí establecido; y desde el dia en que obtendrian la licencia por cumplidos, si no hubieren de servir el tiempo de rebaja que renunciaron, desde ese dia tambien se les acreditará el premio respectivo al plazo que sea.

Cuando hagan la renuncia de la rebaja, se estampará por nota en la filiacion que firmarán, adquiriendo un derecho por consiguiente al beneficio del premio para cuando llegue su dia, y llegado, se hará constar tambien por nota en la filiacion, que firmarán igualmente, formalizando el compromiso por años enteros y ampliándole si les conviniere hasta por el máximo plazo de la Ley.

Estos compromisos, bien se limiten á la rebaja de tiempo, ó

bien se contraigan por plazo mayor, servirán para compensar las redenciones.

Las reclamaciones para estos individuos se verificarán como para todos los demás que gozan premio, comprobándoselas con las filiaciones respectivas.

Art. 53. No obstante lo establecido en el artículo precedente, cuando el Gobierno crea oportuno mandar á Ultramar algun Cuerpo del Ejército de la Península ó fuerza de los Batallones de Infantería ó Artillería de Marina, los voluntarios que á ellos pertenezcan, no podrán reclamar más derechos que los que se otorgan en la Península; reservándose S. M. concederles las ventajas á que por sus servicios los conceptúe acreedores.

Art. 54. Los individuos de Infantería y Artillería de Marina á quienes se les dilate su licencia absoluta por hallarse en Ultramar ó embarcados, se les indemnizará conforme á lo prescripto en la Real órden de 22 de Enero de 1863, (núm. 29); pero teniendo entendido, así los enganchados, como los reenganchados, que se hallan obligados á servir dia por dia todo el tiempo de su compromiso.

Art. 55. Los quintos suplentes que sirvan en Ultramar, y que al ser declarados escedentes de cupo se acojan á las ventajas de la Ley, se atendrán á lo dispuesto en la Real órden de 19 de Setiembre de 1864 (núm. 30).

Art. 56. Aumentado el premio de enganche y reenganche en Ultramar, con una bonificacion, á tenor de lo mandado en el art. 30 de la Ley, y aplicable á los compromisos que se contraigan desde la fecha de la misma en adelante, la entrega de la cantidad respectiva á cada compromiso ha de tener lugar en la proporcion que se espresa:

Por un año.....	Primer plazo. . . 375 Ultimo plazo. . . 500	875 rs.
Por dos años....	Primer plazo. . . 500 Ultimo plazo. . . 1.250	1.750 rs.
Por tres años...	Primer plazo. . . 625 Ultimo plazo. . . 2.250	2.875 rs.
Por cuatro años.	Primer plazo. . . 750 Ultimo plazo. . . 3.250	4.000 rs.
Por cinco años..	Primer plazo. . . 875 Ultimo plazo. . . 4.500	5.375 rs.

Por seis años....	Primer plazo. . .	1.000	6.750 rs.
	Ultimo plazo. . .	5.750	
Por siete años...	Primer plazo. . .	1.125	8.375 rs.
	Ultimo plazo. . .	7.250	
Por ocho años...	Primer plazo. . .	1.250	10.000 rs.
	Ultimo plazo. . .	8.750	

Art. 57. El tiempo de servicio en Ultramar se ha de contar para todas las ventajas que son anexas á aquellas tropas, desde el dia del embarque en la Península hasta el en que lo verifiquen para su regreso definitivo, segun lo dispuesto en el artículo 1.º de las instrucciones aprobadas por Real órden de 31 de Marzo de 1866 (núm. 31).

CAPITULO V.

De las cantidades en depósito y adelantos á buena cuenta.

Art. 58. Conforme al art. 23 de la Ley, todos los empeñados para la continuacion ó ingreso en el servicio, y del mismo modo los Sargentos primeros que gozan de sus beneficios, podrán dejar en depósito en el Consejo las cantidades que mensualmente deban percibir, figurándose estas sumas en blanco en el estado de reclamaciones, cuyas cantidades capitalizadas por trimestres, rendirán un interés de 5 por 100 anual, que sucesivamente se liquidará y acumulará en los indicados plazos.

La anotacion de estas sumas, como abono, se estampará en la libreta de premio que debe tener cada individuo.

Del mismo modo podrán dejar en depósito cualquiera de las cuotas, ó el todo de su premio y plus, devengando el interés de 5 por 100 anual, y en cualquier tiempo que quisieran los interesados retirar el todo ó parte de su depósito, podrán verificarlo, estando los Jefes autorizados para entregar el capital depositado dando aviso al Consejo de la entrega, para que formalice la cuenta de intereses segun así se ha prevenido en circulares del mismo, de 28 de Agosto de 1860 y 18 de Noviembre de 1864 (núms. 32 y 25).

Art. 59. Tratándose de los casos especiales en que el Consejo está autorizado por el art. 18 de la Ley para dar á los individuos acogidos á la misma la parte de premio que tuvieren devengado, ha de entenderse que no es este socorro para aten-

der á necesidades ordinarias, sino para ocurrir á aquellas desgracias ó accidentes de las familias, de suyo estraordinarios é imprevistos. Los Jefes de los Cuerpos, antes de cursar tales reclamaciones, tendrán presente cuanto se previene en circular del Consejo de 15 de Marzo de 1864 (núm. 33), así por lo que se refiere al motivo de estas súplicas, como en lo tocante á la justificacion de las razones que alegaren.

CAPITULO VI.

De las bajas de individuos con premio pecuniario.

Art. 60. De todas las bajas de individuos comprendidos en la Ley que ocurran por fallecimiento, inutilidad, desertores, sentenciados, cumplidos ú otras causas, se dará mensualmente cuenta al Consejo en el estado de reclamacion, comprobándose debidamente el motivo de la baja.

Para los fallecidos de muerte natural, solo se requiere la partida original de defuncion y el testamento si le hubiere otorgado, ó la especificacion de que no, en otro caso.

Para los que mueren en funcion de guerra, sobre el campo de batalla, además de la partida de defuncion y testamento, una certificacion del Comandante á cuyas órdenes se hallaba cuando fué muerto, con el cónstame y visto bueno en dicho documento de los Jefes superiores inmediatos.

Para los fallecidos por consecuencia de heridas recibidas en campaña, pero que sobreviven á ellas, una certificacion análoga á la anterior para acreditar el hecho de la herida, y otra del facultativo que le hubiere asistido, en la cual ha de espresarse la causa del fallecimiento. Para los que mueran en acto determinado del servicio, ó por consecuencia de él, es preciso el espediente original que se forme para justificarlo.

Y para los que fallecen de resultas de epidemia, en punto declarado en tal estado, la certificacion facultativa en que así se haga constar.

En todos los casos de defuncion se remitirá la partida de óbito y testamento.

Los que sean baja como inútiles, por enfermedad natural, es bastante la cópia del pasaporte ó de la licencia, autorizada por el Jefe del detall. Si resultan inútiles por efecto de accion de

guerra, acto determinado del servicio, ó por ceguera ó pérdida de miembro, la copia de la licencia ó pasaporte, y el espediente original que justifique el motivo.

Los que sean baja como desertores, una copia autorizada del parte que esprese el dia que consumó la desercion, y cuando fuese habido, darán los Cuerpos conocimiento al Consejo, con remision de la copia de la sentencia que hubiere recaido.

Respecto á los condenados á presidio ó á pena capital, testimonio de la sentencia espedido por el Fiscal del proceso y con designacion del dia en que se ejecutorió.

Para los que son baja por terminacion de compromiso, basta la copia de la licencia autorizada por el Jefe del Detall.

Y finalmente, los que sean baja por ascenso ó pase á otro Cuerpo ó instituto en que se pierda el premio, copia autorizada del nombramiento ó de la órden de ascenso ó destino.

Para comprobar las demás incidencias que puedan ocurrir, el Consejo designará los documentos que juzgue suficientes.

Art. 61. Cuando por falta de justificacion mensual durante tres meses consecutivos, y en consonancia con lo que se previno en circular del Consejo de 1.° de Agosto de 1861 (núm. 34), se proceda á la baja de algun individuo de premio, su cuenta quedará abierta en el Consejo á fin de que en su dia pueda otorgársele por el mismo el relief para volver á dicho goce, si justificase los motivos de tal omision, ó en otro caso formar la liquidacion que proceda.

Art. 62. Del mismo modo quedará abierta la cuenta de los prisioneros ó estraviados en campaña, siéndoles abonado á su presentacion todo el premio devengado durante su ausencia, y si alguno falleciere en tal situacion, sus herederos adquieren el derecho á todo el premio, una vez justificada la defuncion.

Además de esta ventaja á la cual se refiere el art. 27 de la Ley y Real órden de 12 de Marzo de 1860 (núm. 35), disfrutarán los herederos de los que falleciesen prisioneros, estraviados en el campo de batalla, á resultas del combate, ó por efectos de fatigas producidas en la guerra, el interés de 5 por 100 anual como aumento á las cantidades devengadas por los fallecidos y que no hubiesen llegado á percibir.

Art. 63. Indicado en el art. 60 de este Reglamento que la espresion de las bajas ha de figurar en el estado de reclamacion mensual, es de la incumbencia del Consejo, con la sola es-

clusion de las que terminan por completo su compromiso, la formacion del espediente que ha de producir la definitiva liquidacion de cada baja, girándose el importe que resulte por medio de los Gobernadores respectivos y prévia la debida conformidad de los interesados, bien sea á ellos ó bien á sus herederos, cuando se trate de fallecidos.

Toda reclamacion que unos ú otros tengan que producir, la dirigirán directamente al Consejo, cuidando de documentar lo que exija justificacion.

Art. 64. Las disposiciones que se mencionan en el art. 45 de este Reglamento, tienen por objeto que los que sean baja por cumplidos, inútiles, ascendidos ú otras causas, reciban el completo de su cuota final en el momento en que obtienen la licencia absoluta, y los demás una cantidad proporcional á buena cuenta para su viaje y gastos necesarios, cuyo adelanto podrá ser de la mitad del alcance, cuando este esceda ó llegue á 200 escudos, y cuando nó de las dos terceras partes si se gradua que será aproximadamente de 100 escudos; en la inteligencia, que el Consejo no abonará cantidades que no se arreglen á estos tipos.

Cuando los licenciados por terminacion de servicio prefieran recibir el resultado de su ajuste y cuota final en el pueblo á donde vayan á fijar su residencia, los Cuerpos lo participarán al Consejo con designacion del punto, para que se pueda desde luego efectuar el giro correspondiente.

CAPITULO VII.

De los Suplentes y de los Sustitutos.

Art. 65. Los suplentes de individuos que se hayan redimido á metálico, tienen derecho segun el art. 28 de la Ley á una indemnizacion igual á la octava parte del tipo de redencion en cada un año ó fraccion de año que hubieren servido en tal concepto; pero este derecho solo se refiere á los reemplazos posteriores al de 1864 inclusive en que se estableció esta ventaja en la primera reforma de la Ley.

Los derechos en años anteriores, están determinados en el art. 122 de la Ley de reemplazos modificado por el 8.° de la de 1.° de Marzo de 1862, y solamente este Consejo abona estas in-

demnizaciones, cuando los suplentes lo han sido de individuos redimidos á metálico con posterioridad á 1860, pues en otro caso incumbe á la Administracion militar el abono, segun lo resuelto por S. M. en Reales órdenes de 18 de Enero de 1865, que confirma otra de 6 de Agosto de 1864 y 25 de Julio de 1867 (números 36 y 37).

Las instancias de los suplentes solicitando indemnizacion, deben dirigirse á S. M. por conducto de los Gobernadores de las provincias, quienes la cursarán al Ministro de la Gobernacion del Reino para que recaiga la Real órden consiguiente.

Las cantidades que el Consejo abone por este concepto, se girarán á los interesados por medio de los Gobernadores de provincia respectivos.

Art. 66. Todo individuo enganchado ó reenganchado á quien se conceda la sustitucion personal, trasmite por completo al que le sustituye, los derechos que tuviere al premio, siguiéndosele á este la cuenta de aquel con el mismo número y como si fuese un solo individuo, conforme lo establecido en Reales órdenes de 17 de Mayo de 1861, 16 de Junio de 1863 y 13 de Abril de 1864 (núms. 38, 39 y 40).

Art. 67. Quedan derogadas cuantas disposiciones anteriores sean contrarias á la Ley y á los artículos de este Reglamento para la ejecucion de la misma.

El Consejo dictará las instrucciones que sean además convenientes.

Madrid, 14 de Setiembre de 1867.—Hay una rúbrica y el sello del Ministerio de la Guerra.

Reales órdenes y Circulares del Consejo

QUE SE CITAN EN EL ANTERIOR REGLAMENTO.

Núm. 1. Circular núm. 52 del Consejo (1).

Núm. 2. Circular núm. 80 del Consejo.

Núm. 3. Circular núm. 66 del Consejo.

Núm. 4. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Excmo. señor:—Tomando en consideracion la Reina (q. D. g.) lo propuesto por V. E. en su escrito de 12 de Mayo último, y de conformidad con lo informado por la Junta consultiva de Guerra en su acuerdo de 4 del actual, se ha servido modificar la Real órden de 31 de Mayo de 1861, en el sentido de que los individuos que hayan sido destinados al Regimiento Fijo de Ceuta por providencia ó disposicion gubernativa, queden habilitados despues de dos años de ejemplar conducta, cuya circunstancia deberá hacerse constar en sus licencias absolutas para servir voluntariamente en las filas del Ejército, ya como sustitutos ó ya como reenganchados con opcion á premio pecuniario.—De Real órden lo digo á V. E. para conocimiento de ese Consejo y efectos correspondientes; en el concepto de que S. M. no ha tenido por conveniente modificar el distintivo de preferencia de dichos individuos que tambien propone V. E. en su referido escrito.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 12 de Julio de 1865.—O'Donnell.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 5. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Excmo. señor:—He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) del escrito de V. E., fecha 8 del actual en el que al esponer por acuerdo de ese Consejo las dudas suscitadas en varios cuerpos del Ejército respecto á la admision de los voluntarios y licenciados que se presentan á sentar plaza cuando se halle cubierta en ellos la fuerza que respectivamente les señala la Real órden de 28 de Mayo último, propone V. E. las medidas necesarias para obviar tal inconveniente en beneficio de la recluta voluntaria. Enterada S. M. como asimismo de otra comunicacion del Director general de Infantería de 10 del corriente sobre el propio asunto, en la que además indica la conveniencia de que existan siempre algunas plazas vacan-

(1) Las circulares del Consejo citadas en dicho Reglamento, pueden verse en los números anteriores del *Memorial*.

tes para cubrirlas por los individuos que regresan de Ultramar, desertores y voluntarios admitidos en otros puntos, se ha dignado resolver: —1.° Que los cuerpos de todas las armas é institutos del Ejército admitan y filien todos los paisanos y licenciados del mismo con buenos antecedentes que se presenten á sentar plaza siempre que los aspirantes reunan las condiciones reglamentarias, pero debiendo tenerse presente que los Sargentos y Cabos reenganchados que hubieren sido despedidos por medida gubernativa no deben ser admitidos.—2.° Que los Jefes de los cuerpos que tengan el completo de la fuerza que previene la Real órden de 28 de Mayo último, espidan licencias semestrales por fin de mes en número necesario para dar cabida á los voluntarios cuya admision deberá verificarse en la misma época á fin de evitar duplicidad de haberes y que en ningun caso presenten los cuerpos mayor fuerza que la señalada en el estado adjunto á la citada Real órden de 28 de Mayo; y—3.° Que respecto á la existencia de plazas vacantes propuesta por el Director general de Infantería, se esté á lo resuelto en la misma soberana disposicion, debiendo procurarse que la fuerza de los cuerpos se halle al completo de la que en la misma se les marca.—De Real órden lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 11 de Julio de 1867.—El Duque de Valencia.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 6. Ministerio de la Guerra.—Enterada la Reina (q. D. g.) de la carta núm. 531 que V. E. dirigió á este Ministerio en 25 de Abril último, ha tenido á bien aprobar el regreso á la Península que anticipó V. E. al Sargento 1.° del Regimiento infantería de Nápoles, núm. 4 de ese Ejército, Pedro Juan Guarinos, que habia extinguido el tiempo de su empeño para Ultramar; al propio tiempo, vista la circunstancia de hallarse el interesado reenganchado solamente por un año cuyo tiempo es el que viene á servir á España; y de conformidad con lo espuesto en 20 del mes próximo pasado por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches para el Ejército, se ha servido S. M. resolver que se prevenga á los Capitanes generales de Ultramar que respecto á los reenganches para la Península se observe extrictamente lo dispuesto en la Ley de 29 de Noviembre de 1859, y los que se otorguen por ménos de tres años conforme á la Real órden de 5 de Noviembre de 1860 han de ser para servir en los respectivos ejércitos, y como tiempo que los interesa-

dos se comprometen á continuar en Ultramar.—De Real órden lo comunico á V. E. para su conocimiento.—Dios guarde á V. E muchos años. Madrid, 22 de Diciembre de 1863.—Leopoldo O'Donnell.—Excmo. Sr. Capitan general de Cuba.

Núm. 7. Ministerio de la Guerra.—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Capitan general de Filipinas lo siguiente:—He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) de la carta de V. E. núm. 3, fecha 12 de Julio último, en que consulta si los Sargentos que se han reenganchado para obtener este ascenso, podrán optar á los beneficios dispensados por la Ley de 29 Noviembre de 1859, sin necesidad de cumplir el espresado reenganche. Enterada S. M. y teniendo presente lo informado respecto al particular por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio militar en su acuerdo de 11 de Octubre último, se ha servido resolver que todos los reenganchados que hayan estinguido su primitivo empeño queden en plena libertad de reengancharse con opcion á los beneficios de la Ley de 29 de Noviembre de 1859, ó de optar por su licencia absoluta.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro lo traslado á V. E. para su conocimiento.—Dios guarde á V. E. muchos años.—Madrid, 8 de Noviembre de 1862.—El Subsecretario, Francisco de Ustáriz.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 8. Ministerio de la Guerra.—Núm. 51.—Excmo. Señor:—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Gobernador militar de Fernando Poó lo que sigue:—He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) de la carta núm. 28 que V. E. dirigió á este Ministerio en 1.° de Setiembre último, en la que con motivo de haber solicitado los Sargentos de la compañía de Infantería que guarnece esa Isla, Julian Muñoz y Soto, y Felipe Poveda y Rubio, se les abone el premio pecuniario con arreglo á la Ley de 29 de Noviembre de 1859, consulta si les será aplicable la Real órden de 8 de igual mes de 1862, dictada para los Sargentos reenganchados en Filipinas. Enterada S. M. y de conformidad con lo espuesto por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio militar en escritos de 29 y 30 del mes de Diciembre último, se ha servido declarar: que la mencionada Real órden no es aplicable al caso en que se hallan los reclamantes, puesto que se refiere á los que se reenganchan para Ultramar, mientras que á Poveda no lo fué necesario este requisito para ingresar en esa compañía, porque le sobraba tiempo de

servicio, y por consiguiente hasta que le cumpla no puede contraer nuevo empeño; en cuanto á Muñoz y Soto, como es un principio de la jurisprudencia con que se aplicó la Ley de 1859 que los que pasan á Ultramar reenganchándose por el tiempo que les falta para completar el que allí se exije, tienen derecho á premio si su compromiso se compone de un número de años enteros, tal que comprenda el tiempo que deben servir en aquellos ejércitos, puede admitírsele un reenganche en esta forma, arreglándolo al art. 17 de la Ley, y á contar desde el dia en que firme la nota en su filiacion. Al propio tiempo, y para que esta clase de solicitudes no tomen un curso que como el de los espresados dilate la concesion de derechos con perjuicio de los interesados, se ha dignado disponer S. M. que se recuerde por este Ministerio á los Jefes de los Cuerpos en la Península y á los Subinspectores de las tropas en Ultramar, que sin pejuicio de las facultades que á estos últimos concede la Real órden de 23 de Marzo de 1863, es el citado Consejo de redenciones quien resuelve segun la de 18 de Julio de 1862, y á él se puede acudir directamente para todas las gestiones y dudas de esta naturaleza.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro, lo traslado á V. E. para su conocimiento, consecuente á sus informes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 3 de Febrero de 1865.—El Subsecretario, José G. de Arteche.—Sr. Presidente del Consejo de redenciones.

Núm. 9. Ministerio de la Guerra.—Excmo. Sr.: —He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) de los escritos de ese Consejo, fecha 21 de Junio, y 11 de Julio último, en que á consecuencia de una instancia promovida por Fermin Roman y Aleson, Sargento segundo del Regimiento Infantería de la Reina núm. 2 del ejército de Filipinas, en solicitud de que se le conceda el premio de la actual Ley considerándolo reenganchado desde que terminó su primitivo empeño, en atencion á que habiendo sido destinado á aquel ejército cuando en el de la Península tenia servidos tres años, ocho meses y catorce dias, le fué preciso reengancharse para completar el plazo de servicio que está prefijado en aquellos dominios, donde á su llegada se perpetuó; consulta el referido Consejo, si el individuo de que se trata puede optar al premio que pretende desde el dia siguiente al en que cumplió los primitivos ocho años de servicio, ó á la terminacion de los seis por que fué á Filipinas, y si los 1.000 rs.

que recibió para pasar á dichas Islas, han de considerarse como premio de reenganche ó como una gratificacion de estímulo. Enterada S. M., y teniendo presente que las cantidades señaladas en Real órden de 7 de Noviembre de 1855, y que por una sola vez percibieron los individuos de tropa al contraer su compromiso para ir á Filipinas, no pueden considerarse más que como mera gratificacion de estímulo segun calificacion que le dá la Real órden de 12 de Mayo de 1855, sin que por ello sea obstáculo para que todos los que reunan las condiciones de la actual Ley, opten á sus beneficios, con lo cual se concilia la permanencia obligatoria del plazo por que entonces se comprometieron; considerando al propio tiempo que ha terminado el contraido por el interesado como quinto, y que además se le ha alzado su perpetuacion; se ha servido resolver conforme con lo propuesto por ese Consejo en su otro escrito de 27 de Diciembre próximo pasado, que se otorgue al Sargento de que se trata el reenganche con arreglo á la Ley reformada de 26 de Enero de 1864, por un plazo que no sea menor al tiempo que debe residir en Filipinas, á contar desde que se le comunique la órden de esta concesion, sirviendo al propio tiempo este caso de aplicacion para todos los análogos que puedan ocurrir.—De Real órden lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 6 de Enero de 1865.—Fernando Fernandez de Córdova.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches militares.

Núm. 10. Circular núm. 22 del Consejo.

Núm. 11. Ministerio de la Guerra.—Núm. 51.—Excmo. Sr.: —Por el Ministerio de la Guerra y Ultramar se comunica á este de la Guerra en 24 del mes próximo pasado la Real órden siguiente:—Con fecha 21 del corriente ha sido aprobado por este departamento el informe emitido por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio militar sobre el modo de cubrir con emancipados las bajas de la compañía de Fernando Poó con el que se conformó ese Ministerio del digno cargo de V. E. y en su consecuencia se ordenó al Gobernador Capitan general de la isla de Cuba que admitiera con arreglo á lo dispuesto por la Ley de 29 de Noviembre de 1859 los individuos libres de color que se prestasen voluntariamente á pasar en clase de soldados á dicha compa-

ñía.—De Real órden comunicada por el Sr. Ministro de la Guerra lo traslado á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 23 de de Abril de 1862.—El Subsecretario, Francisco de Ustáriz.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 12. Ministerio de la Guerra.—Núm. 51.—Excmo Sr.:—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Gobernador militar de Fernando Poó lo que sigue:—He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) de la carta de V. S. núm. 31, de 7 de Agosto último, en la que, con motivo de haberse alistado para servir en la compañía de infantería de Fernando Poó, 33 negros emancipados entre los procedentes de la isla de Cuba, consulta V. S. las condiciones con que podrán ser admitidos, respecto al premio de enganche, toda vez que la mayor parte de ellos no cuentan aun la edad de 20 años, aunque sí todas las demás circunstancias que la Real órden de 9 de Enero anterior exige, para concederles las ventajas que otorga la Ley de 29 de Noviembre de 1859. Entetada S. M., considerando que en los países tropicales la naturaleza precipita el desarrollo de las fuerzas físicas del hombre, y lo hace apto para el servicio militar antes que en Europa; teniendo en cuenta la necesidad de nutrir una parte de la fuerza de esa compañía de infantería con reclutas más propios que los peninsulares para resistir la influencia fatal del clima; y conformándose con lo opinado por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio militar, en escrito de 8 de Noviembre próximo pasado, ha tenido á bien resolver:—1.° Que el premio de enganche que determina la Ley de 29 de Noviembre de 1859, se conceda á los emancipados de la isla de Cuba que hayan tenido ó tuvieren ingreso en esa compañía, contando la edad de 17 años cumplidos hasta la de 35 que como máximun se fija, siempre que del reconocimiento facultativo que deben sufrir antes de sentarles su plaza, resulten con la aptitud física necesaria para soportar así las fatigas del servicio, como las de las faenas de la colonizacion á que se les destine.—2.° Que en su consecuencia se admita desde la fecha en que fueron alistados, á los 14 individuos que aparecen con la edad de 17 años cumplidos, en la relacion que V. S. acompaña, debiendo entrar los demás en los mismos goces de la Ley, á medida que vayan cumpliendo la referida edad.—Y 3.° Que la edad de estos individuos á falta de docu-

mentos legales, se determine por peritos competentes, considerándoles nacidos el dia primero del año en que se suponga que nacieron, caso de ignorarse absolutamente el que fuere.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro los traslado á V. E. para su conocimiento.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 4 de Diciembre de 1862.—El Subsecretario, Francisco de Ustáriz.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 13. Ministerio de la Guerra.—Núm. 42.—Circular.—Excmo. Sr.:—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Director general de Artillería lo que sigue:—Enterada la Reina (q. D. g.) de la comunicacion del antecesor de V. E. fecha 11 de Abril último, consultando si los individuos que procedentes de las quintas vienen al servicio ya casados, pueden ó no ascender en su carrera, debiendo serles obligatorio el depósito de que trata la Real órden de 30 de Abril de 1856; así como tambien si no fijándose en la Ley de 29 de Noviembre de 1859, la condicion de soltería para el enganche de los individuos militares, pueden ingresar en las filas muchos soldados casados que por sus circunstancias no les es posible depositar los 10.000 rs. para optar á los ascensos que les correspondieren: y S. M. con presencia de lo manifestado por el Tribunal Supremo de Guerra y Marina, Seccion de Guerra y Marina del Consejo de Estado en pleno, en sus respectivos informes de 18 de Setiembre, 14 de Noviembre del año próximo pasado, y 19 de Enero último, se ha servido resolver, que á los individuos que procedentes de las quintas ingresen en el Ejército, ya casados, y conste dicho estado en su filiacion, no se les obligará á hacer el depósito á que se refiere la espresada Real órden de 30 de Abril de 1856, porque esta se contrae á los que soliciten dicha licencia, pero no á los que teniendo ya aquel estado no son esceptuados por la Ley de quintas. Y respecto á los que se enganchan con las ventajas que concede la de 29 de Noviembre de 1859, ya procedan de la clase de licenciados del Ejército, ó ya de la de paisanos, sean admitidos en el servicio no obstante ser casados, siempre que los Cabos cuyo empeño fuese por ocho años, depositen en en los términos establecidos el precio del enganche, ó sean 8.000 rs., acumulándose el precio de los demás plazos hasta reunir dicha suma á los que no llegasen al tiempo mencionado, y para los tambores y soldados se verificará en igual forma, con

la sola diferencia de ser la cantidad la de 6.000 rs., si aspiran al ascenso, cuyas sumas é intereses devengados, se les entregarán, si cumplido el tiempo de su empeño no les acomodase continuar en el servicio, antes de llegar á la clase de Oficial.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro lo traslado á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 21 de Febrero de 1862.—El Subsecretario, Francisco de Ustáriz.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 14. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Circular.—Exmo. Sr.:—A fin de evitar el abuso que se observa de que algunos mozos sorteados sientan plaza en los cuerpos del Ejército con opcion á premio antes de ser llamados á ingresar en Caja, ocultando aquella circunstancia, con lo cual consiguen percibir la cuota de entrada y pluses, de cuyas cantidades no puede reintegrarse el fondo de redenciones cuando se les declara soldados, la Reina (q. D. g.) de acuerdo con lo informado por el Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio militar, ha tenido á bien resolver que durante el tiempo que media desde el dia que se verifica el sorteo hasta el en que se acuerda la entrega en Caja de los quintos, los Jefes de los Cuerpos y de los centros de recluta no admitan enganche de los mozos que se presenten á sentar plaza con opcion á premio si no acreditan con la correspondiente certificacion del Alcalde del pueblo en que fueron sorteados, el número que tocó á los interesados, y el de quintos que correspondió al cupo del mismo pueblo en el reemplazo del año anterior, y el Jefe compruebe por ella que el interesado tiene un número tan alto como el de quintos que dió dicho pueblo en aquel reemplazo, y una mitad más, esceptuándose de esta regla los que habiendo jugado suerte en años anteriores puedan justificar desde luego su completa irresponsabilidad, y los que por tener menos de 20 años de edad no llegó el caso de corresponderles ser incluidos en los alistamientos, si reunen las circunstancias prevenidas en el art. 21 de la Ley vigente de redencion y enganches. Es asimismo la voluntad de S. M. que los Directores generales dispongan las variaciones de cuerpo que sean necesarias para que resulte nivelado en todo, el número de soldados voluntarios de cada arma. De Real órden lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.—

Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 24 de Julio de 1867.—El Duque de Valencia.—Sr. Presidente del Consejo de redencion y enganches.

Núm. 15. Circular núm. 67 del Consejo.

Núm. 16. Circular núm. 54 del Consejo.

Núm. 17. Circular núm. 55 del Consejo.

Núm. 18. Circular núm. 21 del Consejo.

Núm. 19. Ministerio de la Guerra.—Circular.—Excmo. Sr.: —Como el mejor medio de hacer comprender á las clases de tropa del Ejército las grandes ventajas que la Ley de 29 de Noviembre de 1859 dispensa á los individuos que entran á servir en él y adquieren nuevos compromisos con derecho á premios y pluses; el Consejo de gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches ha redactado una cartilla, de la cual, segun manifiesta á este Ministerio el Excmo. Sr. Presidente de dicho Consejo, se ha remitido directamente por el mismo á los Jefes de los cuerpos un número de ejemplares para que se repartan gratis á las compañías. Como del exámen de dicha cartilla resulte hallarse escrita con la claridad apetecible para hacer comprender á los individuos del Ejército de que se trata los derechos que adquieren segun los años porque se comprometan á servir y como al propio tiempo que es conveniente al servicio y al Estado hacer comprender á las clases de tropa dichas ventajas, haya tambien imprescindible necesidad de que desaparezca del ánimo del soldado y del pueblo en general la perjudicial preocupacion que existe de considerar como vendidos á los que voluntariamente se comprometen á servir por un tiempo dado con opcion á los beneficios de la Ley, toda vez que las ventajas que reciben solo deben ser consideradas como una recompensa nacional debida á la constancia militar, á la honradez y buena conducta; la Reina (q. D. g.) á quien he dado cuenta, se ha servido disponer que se remitan á V. E. ejemplares de la cartilla de que se trata, con objeto de que recomiende con el mayor interés su lectura á la tropa una vez al mes, y que asimismo la aprendan en las Academias los Sargentos y Cabos para que puedan esplicar sencillamente su contenido á los soldados. Al propio tiempo, y con el fin de que desaparezca la preocupacion de considerar como vendidos á los soldados reenganchados, es tambien la Soberana voluntad que prevenga V. E. á los Jefes de los cuerpos que influyan con sus consejos

y observaciones á hacer comprender á sus subordinados que las ventajas que dá la espresada Ley á los que con arreglo á ella se comprometen, es una recompensa nacional debida á la constancia militar, á la honradez y á la buena conducta.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 28 de Mayo de 1860.—Leopoldo O'Donnell.—Sr. Director general de.....

Núm. 20. Circular núm. 84 del Consejo.

Núm. 21. Circular núm. 37 del Consejo.

Núm. 22. Circular núm. 44 del Consejo.

Núm. 23. Circular núm. 49 del Consejo.

Núm. 24. Circular núm. 70 del Consejo.

Núm. 25. Circular núm. 73 del Consejo.

Núm. 26. Circular núm. 79 del Consejo.

Núm. 27. Circular núm. 80 del Consejo.

Núm. 28. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Circular.—Excmo. Sr.:—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Director general de Infantería lo siguiente:—Enterada la Reina (q. D. g.) de lo espuesto por V. E. en comunicacion que dirigió á este Ministerio en 14 de Junio último, y hallando fundadas las razones que le mueven á proponer las medidas indispensables en su concepto para mantener la integridad de los principios cardinales en que estriba la nueva organizacion dada al Ejército, se ha dignado resolver queden prohibidas en lo sucesivo las permutas de situacion y tiempo de servicio que se hallaban autorizadas para los individuos de tropa por Reales órdenes de 5 de Junio de 1864 y 20 de Enero de 1865, las cuales quedan derogadas, y que como complemento de esta medida se consideren anuladas las concesiones de esta naturaleza hechas por los respectivos Directores desde que se publicó la nueva organizacion del Ejército. Es además la voluntad de S. M. conforme tambien con lo propuesto por V. E., que en cualquier tiempo en que el todo ó parte de la reserva sea llamada á las armas, vuelva á ingresar cada individuo en el arma ó instituto en que sirvió antes de pasar á aquella situacion.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro lo traslado á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 10 de Julio de 1867.—El Subsecretario, Francisco Parreño.—Sr. Presidente del Consejo de redenciones.

Núm. 29. Circular núm. 58 del Consejo.

Núm. 30. Circular núm. 71 del Consejo.

Núm. 31. Instrucciones que se han de observar para todos los efectos de la permanencia y regreso de los Jefes, Oficiales y tropa de las armas de Infantería y Caballería de los ejércitos de Ultramar, aprobadas por Real órden de 31 de Marzo de 1866.

Art. 1.° El período preciso de permanencia en Ultramar de los Jefes y Oficiales y clases de tropa de todas armas é institutos del Ejército que pasen á aquellas provincias con ascenso, será de 6 años á lo menos. Dicho plazo se contará desde el dia del embarque en la Península hasta el dia en que lo verifique para su regreso definitivo de Ultramar. Se esceptuan los destinados á Fernando Póo y los individuos de tropa que lo fueren á cualquiera de los demás ejércitos por alistamientos especiales en que se modifique esta condicion ó á quienes se les haya impuesto para el ascenso, y á los que habiendo pasado con él sin opcion á rebaja les falte más tiempo que el exigido para estinguir el de su primitivo empeño.

Núm. 32. Circular núm. 12 del Consejo.

Núm. 33. Circular núm. 65 del Consejo.

Núm. 34. Circular núm. 36 del Consejo.

Núm. 35. Circular núm. 1 del Consejo.

Núm. 36. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Excmo. Sr.: —El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Director general de Administracion militar lo siguiente:—Enterada la Reina (q. D. g.) del oficio de V. E. fecha 2 de Noviembre último, en que consulta respecto al espediente promovido por Fernando Rodriguez Blanco en solicitud de que se le abone la cantidad que le corresponda por el tiempo que sirvió como suplente de José Quince Solis; se ha servido resolver, de conformidad con lo informado por el Consejo de redenciones en su acuerdo de 7 del actual, que se devuelva á V. E. el espediente de que se trata, á fin de que por su autoridad se lleve á debido cumplimiento lo dispuesto en la Real órden de 6 de Agosto último, por estar arreglada á la jurisprudencia legal que rige en la materia y tiene su base en la Ley de 26 de Enero de 1856.—De Real órden, comunicada por dicho Sr. Ministro, lo traslado á V. E. para su conocimiento.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 18 de Enero de 1865.—El Subsecretario, José G. de Arteche.—Sr. Presidente del Consejo de redenciones.

Núm. 37. Ministerio de la Guerra.—Núm. 19.—Excmo. Sr.: —El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al de Hacienda lo si-

guiente:—Las Secciones de Guerra y Marina, Hacienda, Gobernacion y Fomento del Consejo de Estado á quien por Real órden de 10 de Enero último se pidió informe respecto á la consulta elevada á este Ministerio por el Director general de Administracion militar en 10 de Octubre del año próximo pasado sobre el pago de indemnizaciones á suplentes pertenecientes á á reemplazos posteriores al de 1859, espusieron en 18 de Junio último lo que sigue:—Las Secciones se han enterado de cuanto el Director general del Tesoro espuso para justificar la suspension de abono y pago de las indemnizaciones correspondientes á los quintos suplentes comprendidos en el art. 122 de la Ley vigente de reemplazos, así como tambien de las razones que el General Vocal gerente del Consejo de redenciones aduce en su informe para demostrar que con arreglo á la Ley que rige para la administracion y aplicacion de sus fondos no pueden estos ser invertidos en las indemnizaciones de que se trata; y visto el art. 122 de la Ley que manda sea el Tesoro quien pague la mitad de la indemnizacion de 500 rs. á los quintos suplentes comprendidos en el mismo, sin que haya recaido disposicion alguna posterior que le derogue antes bien lo confirma la de 1.° de Marzo de 1862.—Visto que tanto esta última Ley que reformó precisamente el mencionado artículo en la parte de indemnizacion que debia abonarse de la gratificacion de los 200 escudos del quinto propietario como las Reales órdenes citadas por el Director de Administracion militar, espedidas sobre espedientes personales para el pago de cantidades á suplentes, con posterioridad á la instalacion del Consejo de redencion y enganches, y por consiguiente á la Ley de 29 de Noviembre de 1859 que lo creó, de donde se deduce que no fué ni pudo ser la mente del Gobierno de S. M. el alterar en nada la Ley.—Considerando que al no dar el Director general del Tesoro cumplimiento á las Reales órdenes de 6 de Agosto de 1864 y 18 de Enero de 1865 en que se mandaban abonar cantidades reclamadas por la Administracion militar, y al suspender el abono de otras análogas, ha dejado de acatar la Ley primeramente, y despues ha dado lugar á que aquellas órdenes no hayan surtido el efecto para que fueran dadas, careciendo los interesados de lo que tan justamente les corresponde, y para ellos se reclama como quintos suplentes, procedan ó no de reemplazos posteriores á la Ley que creó el Consejo de reden-

cion.—Y considerando por último, que si bien son dignas de tomarse en cuenta las razones del Director del Tesoro, respecto á que en los fondos de enganches ingresan cuantas cantidades tienen relacion con la redencion del servicio en todas épocas y que no sería desacertado, atendiendo al desahogo en que aquellos se encuentran, descargar al Estado de la obligacion de satisfacer esta clase de indemnizaciones, seria preciso reformar en su dia la Ley en sentido de que sea el Consejo de redenciones quien debe abonar á los suplentes que no sean de redimidos las cantidades que correspondan.—Las Secciones son de parecer que hasta que otra cosa no se determine por una medida legislativa, el Tesoro debe abonar á los individuos comprendidos en las relaciones que se acompañan al espediente, las indemnizaciones reclamadas y cuantas se reclamen por la Administracion militar, con arreglo al referido art. 122 de la mencionada Ley.—Enterada S. M., y conformándose con el preinserto dictámen, ha tenido á bien declarar corresponde al Tesoro el abono de las indemnizaciones que se le reclaman con arreglo al art. 122 de la vigente Ley de reemplazos.—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro lo traslado á V. E. para su conocimiento.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 25 de Julio de 1867.—El Subsecretario, Francisco Parreño.—Sr. Presidente del Consejo de redenciones.

Núm. 38. Ministerio de la Guerra.—Núm. 12.—Circular.—Excmo. Sr.:—El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Director general de Caballería lo que sigue:—«He dado cuenta á la Reina (q. D. g.) de la instancia que en 7 de Abril próximo pasado dirigió V. E. á este Ministerio, promovida por el Sargento segundo del Regimiento Lanceros de Sagunto, 10.º de Caballería, José Loynaz Arzalaya, en solicitud de que se le anule el reenganche y se le espida la licencia absoluta ó que con este mismo objeto se le conceda sustitucion en el servicio. Enterada S. M. y despues de oido el dictámen del Consejo de Gobierno y Administracion del fondo de redencion y enganches del servicio, se ha dignado conceder al precitado Sargento la gracia de sustituirse por un soldado licenciado del Ejército de menos de un año, sin nota desfavorable, con la edad que marca la Ley y con la circunstancia de haber servido en el arma de Caballería; en el concepto de que entrará en el goce de los pluses y premios sucesivos que correspondieren á Loynaz Arzalaya, al cual se le

liquidarán y abonarán sus derechos hasta el dia en que ponga el sustituto. Con este motivo es tambien la voluntad de S. M. que el presente caso sirva de norma para los demás análogos que puedan ocurrir, siempre que medien circunstancias atendibles que recomienden la concesion de sustitucion á individuos que hallándose reenganchados, solicitasen esta gracia.»—De Real órden comunicada por dicho Sr. Ministro, lo traslado á V. E. para su conocimiento y efectos convenientes.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 17 de Mayo de 1861.—El Subsecretario, Francisco de Ustáriz.

Núm. 39. Circular núm. 63 del Consejo.

Núm. 40. Circular núm. 69 del Consejo.

LEY

DE REDENCION Y ENGANCHES DEL SERVICIO MILITAR,

de 29 de Noviembre de 1859,

modificada por otras leyes de 26 de Enero de 1864

y 24 de Junio de 1867.

CAPITULO PRIMERO.

De la formacion, inversion, administracion y gobierno del fondo procedente de redenciones.

Artículo 1.° El importe de las redenciones del servicio militar formará en lo sucesivo un fondo completamente separado, con el esclusivo objeto de reemplazar las bajas que las mismas redenciones produzcan en el ejército.

Art. 2.° Se dará cuenta anual de este fondo, sometiéndola al exámen y aprobacion del Tribunal de Cuentas del Reino, con las formalidades prescritas en general para los demás fondos del Estado.

Art. 3.° Todas las existencias metálicas del fondo de redenciones ingresarán en la Caja general de Depósitos, contra la cual se harán los libramientos necesarios para cubrir sus atenciones. Los fondos escedentes de aquellas existencias, despues de cubiertos los gastos ordinarios, podrán invertirse en papel de la Deuda del Estado, ó en inscripciones de la Deuda pública, y enajenarse estos mismos títulos ó inscripciones en la parte que fuere necesaria para cubrir las obligaciones y atenciones del reemplazo á que esta Ley se refiere. Así los títulos como las inscripciones, ó certificacion de las mismas que existan, se conservarán en la Caja general de Depósitos.

Tambien se admitirán en ella, como parte de este fondo, las donaciones y legados que se hagan en favor del ejército, cuando no se esprese un destino ú objeto especial.

Art. 4.° La cantidad que ha de entregarse por la redencion del servicio militar, en los términos establecidos en la Ley de

reemplazos, será de 8.000 rs.: fuera del plazo consentido por el art. 152 de la Ley de reemplazos, las clases de tropa de los distintos cuerpos del ejército, Guardia civil é Infantería de Marina podrán asimismo redimirse á metálico del servicio militar, cuando, á juicio del Gobierno de S. M., sea justo y conveniente otorgar esta gracia al que lo solicita. La cantidad que en tal caso deberá entregarse por los interesados será de 1.200 rs. por año ó fraccion del año que les falte para cumplir su empeño; pero si el Gobierno juzgase conveniente variar uno y otro tipo de redencion, podrá verificarlo por un Real decreto acordado en Consejo de Ministros, en vista del informe que se espresará en el art. 13, y oyendo al Consejo de Estado en pleno.

La variacion por lo que respecta al que ha de servir en una quinta, se hará precisamente con un mes de anterioridad al dia del sorteo á que se refiera.

Art. 5.° Las cantidades procedentes de la redencion ingresarán en la Caja general de Depósitos y sus dependencias en las provincias, las que en la recepcion, giros y pagos de estos fondos observarán las disposiciones que se adopten en las instrucciones que se dictarán para la ejecucion de esta Ley.

Art. 6.° El fondo procedente de las redenciones del servicio militar estará á cargo de un Consejo de Gobierno y Administracion, que dependerá inmediatamente del Ministro de la Guerra.

Art. 7.° Este Consejo administrará el fondo referido, y dispondrá todo cuanto fuere necesario para su inversion en el reemplazo de las bajas por redenciones en el ejército, para la cuenta y razon correspondiente para la seguridad de los derechos que los interesados adquieran, y para todo cuanto concierna á llenar cumplidamente el objeto de esta Ley.

Art. 8.° El Consejo se compondrá de un Presidente de la clase de Capitan general del ejército, ó en su defecto de un Teniente general y de nueve Vocales, dos de ellos Tenientes generales ó Mariscales de Campo, cuatro que pertenezcan por mitad á los Cuerpos Colegisladores, el Director de la Caja general de Depósitos, y otros dos de libre eleccion del Gobierno entre las personas que á su juicio sean más útiles al objeto de esta institucion. El cargo de Consejero será gratuito.

Art. 9.° Los Vocales de la clase de Diputados á Córtes desempeñarán su cargo el tiempo que dure su diputacion; pero en caso de disolucion del Congreso continuarán formando parte

del Consejo hasta que, constituido el nuevo Congreso, sean reemplazados por los Diputados que eligiere el Gobierno.

Art. 10. Para el despacho ordinario de los asuntos, llevar la firma y comunicar sus acuerdos, el Consejo podrá delegar sus funciones en uno de los Vocales del mismo, el que, prévia la aprobacion del Gobierno de S. M., tomará el nombre de Vocal gerente, y disfrutará por este cargo la retribucion que se considere oportuna.

Art. 11. Tendrá además el Consejo un Secretario y los empleados y dependientes que se juzguen indispensables para el desempeño de sus atribuciones, y la dotacion oportuna de la cantidad necesaria para todos sus gastos.

Los empleados en dicho Consejo disfrutarán los derechos pasivos que correspondan á sus años de servicio, en consonancia con los que otorgan ú otorgaren las leyes del reino á los demás funcionarios del Estado nombrados de Real órden.

Art. 12. Será obligacion del Consejo presentar todos los años una Memoria razonada de sus operaciones y trabajos, y proponer las mejoras que estime convenientes en el ramo, para conseguir en esta forma el reemplazo de una parte del ejército por medio de los estímulos, recompensas y seguridades oportunas.

Art. 13. Será precisamente oido este Consejo, siempre que el Gobierno creyere necesario alterar la cantidad de la redencion ó el empeño, y por regla general se le oirá tambien en todo lo que se refiera al objeto de su instituto.

Art. 14. Un reglamento establecerá todo lo demás que fuere necesario relativamente á las atribuciones del Consejo.

CAPITULO SEGUNDO.

Del reemplazo de las bajas procedentes de las redenciones.

Art. 15. El reemplazo de las bajas que produzcan en el ejército la redencion del servicio militar se verificará con los individuos de la clase de tropa que, cumplido su empeño, quieran voluntariamente continuar en el servicio, sentando plaza por otro nuevo en los términos y condiciones que esta Ley determina.

Los que se reenganchen por un período de ocho años den-

tro de los seis meses últimos del compromiso que tuvieran, se les condonará el tiempo que les falte para cumplirlo.

A falta de unos y otros en número bastante para cubrir las bajas, se admitirán licenciados del ejército, y á falta de estos últimos, los mozos que no hubieren servido y se alisten voluntariamente.

El tiempo por el que se comprometan los reenganchados y enganchados se entenderá que habrá de ser siempre en actividad, no teniendo nunca derecho á pasar á la reserva como los individuos de tropa procedentes de las quintas.

Art. 16. Es potestativo de parte del Gobierno conceder la continuacion en el servicio y la vuelta al mismo como recompensa, premio y ventaja que podrán obtener únicamente los que hubieren servido sin nota alguna desfavorable, acreditando además su buena comportacion en las filas. Usará libremente el Gobierno de esta facultad como entienda que conviene más al servicio, segun las circunstancias de los que lo soliciten y las necesidades del ejército.

En su consecuencia, si en alguna ocasion el número de plazas vacantes fuese menor que el de los que aspiren á continuar ó ingresar de nuevo en el servicio, serán preferidos en sus clases respectivas de reenganchados, enganchados ó voluntarios los que lo soliciten hacerlo por mayor número de años, y en igualdad de estos los que reunan informes más favorables.

Los mozos que se alisten voluntariamente acreditarán sus buenas costumbres y no haber sido procesados ni condenados por ningun delito.

Todos los que se empeñen de un modo ú otro voluntariamente han de reunir la aptitud física que la Ley de reemplazos previene, y cumplir dia por dia todo el tiempo de su compromiso. Se esceptúa de esta última regla, única y esclusivamente, el abono de tiempo originado por una guerra nacional contra el estranjero, cuando la campaña esceda de seis meses, en cuyo caso el tiempo de abono que tuvieren se considerará servido para los derechos al premio.

Art. 17. El empeño para la continuacion en el servicio se admitirá por los plazos de tres, cuatro, cinco, seis, siete y ocho años, y en caso de guerra por uno ó dos ó cuando el Gobierno lo creyere conveniente. Al vencimiento del plazo del primer empeño podrá admitirse otro nuevo, y sucesivamente otros,

con tal que el finalizar el último no escedan los aspirantes de la edad de 45 años.

Se esceptúan de esta regla el cuerpo de la Guardia civil, los obreros de Artillería, Ingenieros, Administracion militar y compañías sanitarias, que podrán gozar de los beneficios de la Ley hasta la edad de 50 años, cuando á juicio de sus Jefes reunan circunstancias que hagan conveniente su continuacion en el servicio.

Al terminar con buena nota los reenganchados el tiempo de su empeño, tendrán preferencia para ser colocados en los destinos designados á la clase de tropa por las Reales disposiciones vigentes.

Art. 18. Todo empeño contraido por un individuo perteneciente al Ejército, Guardia civil, Artillería é Infantería de Marina, para continuar el servicio, le da derecho:

Por un año, al percibo de 300 rs. en el dia en que principie el plazo, y al de 400 en el que concluya.

Por dos años, al de 400 y 1.000.

Por tres años, al de 500 y 1.800.

Por cuatro años, al de 600 y 2.600.

Por cinco años, al de 700 y 3.600.

Por seis años, al de 800 y 4.600.

Por siete años, al de 900 y 5.800.

Por ocho años, al de 1.000 y 7.000, abonados siempre en igual forma.

El Consejo, sin embargo, queda autorizado en casos muy especiales y debidamente justificados, para entregar á los voluntarios la parte de premio correspondiente al tiempo que hubieren servido. Cualquiera que sea el plazo de estos empeños, disfrutarán además los que los contraigan un plus ó sobrehaber diario con cargo al fondo de redenciones, en la forma siguiente:

Los sargentos segundos, hasta cumplir ocho años de servicio efectivo, un real.

Desde ocho á 14 años de servicio, un real y 50 céntimos.

Desde 14 á 20, 2 reales.

Y desde 20 en adelante, 3 reales.

Los cabos, soldados é individuos de banda, hasta contar 15 años de servicio, un real.

Desde 15 á 20, un real y 50 céntimos.

Y de 20 en adelante, 2 reales.

Art. 19. El enganche y reenganche terminará en los sargentos segundos inclusive. Al ascender los enganchados y reenganchados de esta clase á sargentos primeros, cesarán en los goces pecuniarios consignados en el artículo anterior, se procederá á la liquidacion, y percibirán la parte correspondiente al tiempo servido, contándose este hasta fin del mes en que obtengan el ascenso.

La continuacion de los sargentos primeros en el servicio, cumplido el tiempo de su empeño, será una concesion que voluntariamente haga el Gobierno como graciosa recompensa y premio de merecimientos contraidos, cuando reunan los que lo soliciten las buenas condiciones y circunstancias necesarias, con arreglo al art. 15, tratado 2.°, tít. 10 de las Reales Ordenanzas. Para obtenerla, los interesados harán precisamente solicitud por escrito con cuatro meses de anticipacion al tiempo en que cumpla el de su servicio, y el Gobierno resolverá segun estime conveniente.

Obtenida por los sargentos primeros la concesion de continuar en el servicio, además del haber y demás ventajas de su clase, percibirán, con cargo al fondo de redenciones, el sobresueldo siguiente:

Desde ocho á 14 años de servicio efectivo, 4 rs. diarios.

De 14 á 20 años de servicio, 6 rs. diarios.

De 20 años en adelante, 7 rs. diarios.

Recompensada en esta forma, justa y suficientemente, la continuacion en el servicio de los sargentos primeros, como igualmente lo están las demás clases de tropa con las remuneraciones pecuniarias que se espresan en el art. 18, quedan suprimidos para lo sucesivo, en todos los cuerpos á quienes alcancen los beneficios de esta Ley de redencion y enganches, los premios de constancia que por las disposiciones vigentes se han venido concediendo hasta el dia.

Sin embargo, los individuos que en la actualidad estén en posesion de los premios que se suprimen, continuarán disfrutándolos.

Tambien continuarán adjudicándose estos mismos premios como pension de retiro, con arreglo á las órdenes que rigen, hasta que una ley especial de retiros designe los que correspondan á las clases de tropa segun sus años de servicio.

Como signo esterior y distincion honrosa de la constancia

militar, á todo individuo de tropa que haya cumplido 15 años de servicio se le continuará concediendo el derecho de llevar en la manga un galon horizontal que lo acredite.

A los 20 años de servicio, dos galones.

Aumentándose un galon cada cinco años, segun lo dispone la Real órden de 4 de Junio de 1807.

Los sargentos primeros á quienes corresponda pasar á la segunda reserva con arreglo al Real decreto de 24 de Enero de 1867, y que el Gobierno les consienta no verificarlo y sí continuar en el servicio activo, percibirán del fondo de redenciones un sobrehaber de 3 rs. diarios. Al cumplir ocho años de servicio, si desean y se les otorga continuar activamente en el mismo, entrarán en los goces que anteriormente se establecen para esta clase de sargentos, segun los años de servicio que asimismo se determinan.

Los sargentos segundos, cabos, soldados é individuos de banda que tengan derecho á pasar á la segunda reserva y deseen continuar los otros cuatro años en activo servicio, lo solicitarán, y si se accede á su demanda, percibirán el premio que se establece en el artículo anterior para los que se enganchan por cuatro años, y en la misma forma que el citado artículo consigna.

Los sargentos y cabos que despues de obtenida su licencia absoluta deseen volver al servicio, así como los que hallándose en la segunda reserva soliciten y obtengan el pase al ejército activo, solo podrán ser admitidos como soldados, si para ello reunen las condiciones que esta Ley establece.

Art. 20. Cuando para el completo reemplazo de las bajas causadas en el ejército por la redencion, hubiere necesidad de recurrir al alistamiento voluntario de los licenciados del mismo y de mozos que no hayan servido, podrán admitirse unos y otros por los plazos de cuatro, cinco, seis, siete ú ocho años. Pero si los mozos, al contraer su empeño, no se hallaren aun libres de responsabilidad en las quintas de sus respectivas edades, y fueren declarados luego soldados por su propio número en el sorteo, cesarán cuando esto suceda, y desde el dia en que debieran entrar en caja, en el goce de todas las ventajas de su empeño.

Este se estará en aptitud de contraerlo desde el dia siguiente en que el interesado cumpla 20 años de edad sin esceder de 35.

Por escepcion, sin embargo, podrán admitirse jóvenes que hayan cumplido 17 años, siempre que á juicio de los Jefes, y prévio reconocimiento facultativo, reunan precoz desarrollo y robusta constitucion para el servicio en tiempo de paz y de guerra; pero serán admitidos con la condicion precisa de que si llegan á ser declarados soldados por el cupo respectivo de su pueblo, empezará á contarse desde este dia el tiempo de su empeño por ocho años como procedente de la quinta, quedando retribuido á la sazon con la parte proporcional del premio del enganche el tiempo servido anteriormente, el cual solo les será de abono para las ventajas de la carrera.

Art. 21. El enganche voluntario por cuatro, cinco, seis, siete y ocho años dará derecho á un premio igual al que para los reenganchados por el mismo tiempo se establece en el artículo 18, con la diferencia que se espresa en el modo de entregar la cantidad marcada de primera cuota. Si el enganchado estuviere libre de responsabilidad personal de la quinta, se le dará la mitad el dia de su compromiso, y la otra mitad á los seis meses; y si el mozo no estuviere libre de la responsabilidad de la quinta, no percibirá la segunda mitad hasta que justifique haber quedado libre de aquella responsabilidad.

El plus ó sobrehaber para los de condicion de enganchados, estén ó no libres de responsabilidad de las quintas, será de un real diario en todas las armas é institutos del ejército, Guardia civil é Infantería de Marina.

Art. 22. Las cantidades fijadas como premio de la continuacion ó ingreso en el servicio, no podrán cederse ni cambiarse por otra gracia, ni serán en caso alguno secuestrables.

El Gobierno, á propuesta del Consejo establecido por esta Ley, podrá alterar el tipo de la redencion y el premio de reenganche y enganche, y distribuir sus entregas en otra forma, si así lo aconsejase la esperiencia, el interés del servicio y la acumulacion de capitales en este fondo.

De estas alteraciones se dará siempre conocimiento á las Córtes.

Art. 23. Todo individuo de los empeñados para la continuacion ó ingreso en el servicio, que, vencidos los plazos respectivos en que debe recibir alguna cantidad por razon del premio pecuniario, dejare en el fondo de redenciones en calidad de depósito el todo ó una parte determinada de dicha cantidad,

percibirá, cobrándolo por trimestres, un interés de 5 por 100 anual. Si prefiere capitalizar los intereses, podrá tambien verificarlo.

Art. 24. Los enganchados y reenganchados que pasen al Real Cuerpo de Guardias Alabarderos, al de Carabineros del Reino ú otro que no se reclute por la via de las quintas, perderán sus derechos sucesivos al premio, y se les liquidará su cuenta, abonándoseles, al ser trasladados, la parte correspondiente al tiempo que hubiesen servido, ajustándose por fin del mes en que ocurra la baja.

Art. 25. Los licenciados por inutilidad adquirida en accion de guerra, en acto determinado de servicio ó por ceguera ó pérdida de un miembro, tendrán derecho á la totalidad del premio pecuniario: los que lo fueren por enfermedad natural, lo tendrán tan solo á la parte del premio que corresponda al tiempo realmente servido.

Art. 26. Los delitos de desercion y las sentencias de condena á presidio ó pena capital anulan todo derecho á la parte del premio no devengado.

Los delitos de sedicion é infidencia anulan todo derecho á lo no recibido.

Art. 27. Los fallecidos en el ejército trasmiten por completo á sus legítimos herederos los derechos que tuviesen al premio, cuando estos fueren hijos, viuda ó padres del finado. Cuando fueren otros los herederos, únicamente podrán trasmitir el derecho al premio correspondiente al tiempo servido.

Si el fallecimiento ocurriese en funcion de guerra ó de resultas de heridas recibidas en actos del servicio, se considerará devengado todo el tiempo del empeño para todos los efectos hereditarios, abonándose por consiguiente por el fondo de redenciones la cantidad total.

Art. 28. Los suplentes de mozos declarados quintos que menciona el art. 92 de la Ley de reemplazos, cuando estos rediman su suerte, recibirán aquellos, al ser licenciados y del fondo de redenciones, tantas octavas partes del tipo de redencion como años ó fracciones de año hayan estado en las filas por el número que han suplido. En este caso el suplente será considerado, para los efectos de la compensacion entre la redencion y el enganche, como un enganchado por los años que le hubieran sido abonados en metálico.

Art. 29. Los empeños de toda clase contratados hasta el dia continuarán sujetos á las condiciones reglamentarias de la fecha en que se foramalizaron.

Art. 30. Como mayor recompensa y ventaja que estimule el servicio en los ejércitos de Ultramar, y la continuacion en los mismos, se autoriza al Consejo de redenciones para que tanto los enganches y reenganches que con tal objeto se verifiquen en la Península como en aquellas provincias, se bonifiquen con un 25 por 100 sobre los premios que se establecen en el art. 18, entendiéndose esta cuarta parte de aumento únicamente á las cantidades que constituyen el premio, segun los años de servicio por que se contrae el compromiso, pero no con respecto al plus ó sobrehaber diario, que siempre será el que les corresponda con arreglo al caso en que se encuentren y en el indicado artículo se determina.

Los que procedentes del ejército de la Península pasan voluntariamente, por suerte ó por nombramiento del Gobierno, á continuar sus servicios á los ejércitos de Ultramar con determinado tiempo de rebaja, podrán optar entre este beneficio ó la prestacion por completo del servicio, recibiendo en su lugar por cada año ó fraccion de año de que en otro caso estarian dispensados, las mismas cantidades que se espresan en el párrafo anterior.

Art. 31. Quedan derogadas todas las disposiciones vigentes en la parte que se opongan á lo dispuesto en la presente Ley.

Art. 32. Para la ejecucion de esta Ley se espedirán las instrucciones y reglamentos necesarios.

Está conforme con el testo de dichas leyes.

Madrid 1.° de Julio de 1867.—El Teniente General Vocal-Gerente, Conde de Torre-Mata.

CONSEJO DE GOBIERNO Y ADMINISTRACION

del Fondo de Redencion y Enganches del servicio militar.

Circular núm. 87.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra en Real órden de 20 del actual, dice al Excmo. Sr. Presidente de este Consejo lo que sigue:

«Excmo. Sr.: He dado cuenta á la Reina (Q. D. G.) del escrito que por acuerdo de ese Consejo dirigió V. E. á este Ministerio en veintiocho de Junio último, manifestando la necesidad de suspender los enganches voluntarios y restringir los reenganches, en vista de la desproporcion que viene observándose entre estos y las redenciones á metálico. Enterada S. M. de las razones espuestas con tal motivo por V. E.; considerando que ha llegado el caso previsto en el párrafo segundo del artículo dieciseis de la Ley de veintinueve de Noviembre de mil ochocientos cincuenta y nueve, modificada por la de veinticuatro de Junio de mil ochocientos sesenta y siete y que es por lo tanto preciso hacer uso de la facultad que al Gobierno concede el párrafo primero del mismo artículo, suspendiendo el enganche de hombres fuera de filas que como medio supletorio establece el artículo veinte de dicha Ley y el párrafo tercero del quince, ha tenido á bien S. M. dictar, en concepto de provisionales, las medidas siguientes:—1.ª En todos los Cuerpos é Institutos de los ejércitos de la Península y provincias de Ultramar, incluso la Guardia civil é Infantería y Artillería de Marina, se suspende hasta nueva órden la admision de enganches voluntarios con premio pecuniario, procedan los que lo soliciten de licenciados del ejército ó de paisanos.—2.ª Unicamente se permitirá el reenganche con premio en el ejército de la Península, á los que estando en las filas y antes de abandonarlas por licencia absoluta ó pase á la segunda reserva, lo soliciten por el tiempo de ocho años y que por sus buenas circunstancias se considere son acreedores á su continuacion en los cuerpos.—3.ª En el caso que

el número de los aspirantes al reenganche de ocho años fuese mayor que el de las redenciones que hayan de cubrirse, el Consejo de redenciones, en vista de los datos que obren en la Gerencia del mismo, dará á los cuerpos las instrucciones que tal circunstancia exija, cuidando de establecer preferencias entre las clases que son de mayor utilidad en las filas y dentro de cada una para aquellos que reunan informes más favorables. —4.ª Por escepcion únicamente se concederá el reenganche por cuatro años á los individuos de tropa de irreprensible conducta, que debiendo pasar á la segunda reserva, deseen continuar en actividad, los cuales seguirán disfrutando el premio y plus que les otorga el penúltimo párrafo del artículo diecinueve de la Ley.—Y 5.ª En las provincias de Ultramar solo se admitirán reenganches por cuatro años para continuar sirviendo en aquellos ejércitos, y al tiempo de cumplir los aspirantes sus respectivos empeños.»

Al trasladar á V. la Real órden que antecede, ha acordado al propio tiempo este Consejo le manifieste, que en el ejército de la Península empezarán á regir las prescripciones que contiene dicha Real órden, desde el dia primero de Agosto próximo; y en los cuerpos que guarnecen nuestras provincias de Ultramar y batallon provisional de Canarias, desde el mismo dia que llegue á sus manos esta comunicacion, en el cual precisamente los Jefes de los mismos acusarán su recibo á esta Gerencia.

Dios guarde á V. muchos años. Madrid, 27 de Julio de 1868. —El Coronel Secretario, encargado del despacho, Filiberto Fernandez de Cenzano.

Circular núm. 88.

Dispuesto por el art. 51 del Reglamento provisional de 14 de Setiembre de 1867, para la ejecucion de la Ley de 29 de Noviembre de 1859 reformada, que á todo individuo de los que gozan beneficios de dicha Ley se le forme y entregue una libreta, en la que además de constar el dia de su compromiso y tiempo por que lo formalizó, ha de seguírsele su cuenta de premio de enganche, reenganche ó sobresueldo; S. M. se ha dignado disponer por Real órden de 20 del actual, que las ci-

MISCELANEA.

MISCELANEA.

En los actuales tiempos, que tanto reclaman la publicidad de datos estadísticos sobre toda clase de materias, creemos conveniente dar á conocer por el siguiente resúmen los trabajos de la Junta Superior Facultativa del Cuerpo de Ingenieros militares, durante el año que acaba de pasar.

Dicha corporacion la componen el Ingeniero general, Presidente; cinco Vocales, que desempeñan á la vez otros cargos importantes en la Direccion general del arma, y dos Secretarios.

Expedientes sometidos á la discusion de la Junta y acerca de los cuales acordó la misma en las 95 *sesiones ordinarias y* 14 *extraordinarias que ha celebrado en todo el año de* 1868.

Existencia en 1.º de Enero.	6
Entradas.	781
Suma.	787
Salidas.	775
Existencia en 31 de Diciembre.	12

Los 775 expedientes que han sido despachados despues de informar sobre ellos la Junta, se clasifican del modo siguiente:

Relativos á admision, devolucion, cesion y permuta de fincas y espropiaciones forzosas.	91
Idem al estado de conservacion de las fortificaciones, edificios y á siniestros ocurridos en los últimos. . . .	64
Idem á demoliciones acordadas por las Juntas revolucionarias.	56
Suma y sigue.	211

Suma anterior.	241
Relativos á indemnizaciones por perjuicios ocasionados por el ramo de guerra.	4
Idem á presupuestos de obras y servicios de poca importancia.	87
Idem á proyectos de reforma de edificios y caminos militares.	38
Idem á proyectos de reforma de fortificaciones.	7
Idem á proyectos de nuevas é importantes obras de defensa..	9
Idem á id. de edificios militares de nueva planta. . . .	32
Idem á obras públicas civiles en lo que afectan á guerra.	15
Idem á edificaciones de interés particular en las zonas de las plazas.	131
Idem á modificacion de las zonas polémicas aprobadas para diferentes plazas.	22
Idem á subastas y sus incidencias.	27
Idem á contabilidad de las obras en curso.	54
Idem al personal facultativo y subalterno del Cuerpo. .	23
Idem á arriendos.	15
Idem á anulacion de varias plazas de guerra.	6
Idem á reglamentos y exámen de memorias ó inventos. .	5
Idem á límites terrestres y marítimos.	1
Idem á la enseñanza en la Academia.	12
Idem á obras por corporaciones ó particulares en edificios de guerra.	15
Idem á provision de agua, alumbrado y seguros de los edificios de guerra.	5
Idem á las revistas reglamentarias de inspeccion del personal y material.	17
Idem al artillado de plazas y puntos fuertes	5
Idem á varios asuntos.	36
Suma.	775

Expedientes despachados por el Ingeniero general con la Secretaría de la Junta durante el año 1868.

Existencia en 1.° de Enero.	10
Entradas.	1980
Suma	1990
Salidas.	1978
Existencia en 31 de Diciembre. . . .	12

Han correspondido los expedientes entrados:

Al Distrito de Andalucía.	168
Al de Aragon.	104
Al de Baleares.	126
Al de Canarias.	32
Al de Castilla la Nueva.	213
Al de Castilla la Vieja.	169
Al de Cataluña.	299
Al de Galicia.	169
Al de Granada.	117
Al de Valencia.	175
Al de Vascongadas.	91
A la Comandancia exenta de Ceuta. . .	83
A la id. de Puerto-Rico.	40
A la de Cuba.	21
A la de Filipinas.	16
A varios asuntos ó generales.	157
Suma.	1980

Circular del Excmo. Sr. Ingeniero general dando noticia del resultado del certámen facultativo de 1868 y convocando el de 1869.

Habiéndose presentado dos Memorias al certámen facultativo que segun estaba anunciado debia celebrarse en esta Direccion General con arreglo á las disposiciones establecidas, ha alcanzado el premio ofrecido el Coronel D. Cárlos Ibañez é Ibañez, autor de la que trata de un nuevo aparato de medir bases geodésicas, que se publicará en el *Memorial*.

Con este motivo dispondrá V..... llegue á noticia de todos los Jefes y Oficiales que sirven á sus órdenes el resultado de este concurso, para mí tan satisfactorio, á fin de que aprecien como yo los nobles esfuerzos de los que contribuyen con su aplicacion é inteligencia á conservar y enaltecer la reputacion científica del Cuerpo.

El autor de la otra Memoria presentada podrá retirar el pliego cerrado que la acompaña, ó declarar su nombre, en cuyo caso resolveré lo que sea procedente.

Pondrá V. tambien en noticia de todos los Jefes y Oficiales que sirven á sus órdenes que queda abierto nuevo concurso para el próximo año, y que optarán al premio todas las que se presenten en esta Direccion General antes del 31 de Octubre del año próximo, con sujecion á las reglas establecidas, aunque dejando completa libertad en la eleccion de los temas sobre que han de versar las memorias, si bien refiriéndose á los diferentes ramos que abraza el servicio del Cuerpo. Hágalo V..... entender asi á sus subordinados, escitando su celo, para que, aprovechando la ocasion de manifestar sus conocimientos en el ramo de la profesion que más hayan cultivado, contribuyan á sostener el buen nombre del Cuerpo.

Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 19 de Noviembre de 1868.=*Echagüe*.=Sr.....

BIBLIOGRAFIA.

CARPINTERIA DE LO BLANCO

Y TRATADO DE ALARIFES

POR DON DIEGO LOPEZ DE ARENAS.

3.ª EDICION

con el Suplemento de D. Santiago Rodriguez de Villafañe,

anotada y glosada

POR D. EDUARDO MARIÁTEGUI

Capitan de Ingenieros.

Se vende á 60 rs. para los suscritores al *Memorial de Ingenieros*, en la Biblioteca del Museo del Cuerpo.

El *Memorial* se ocupará pronto de este interesante y rarísimo libro que ha sacado del olvido en que yacia nuestro compañero el Sr. Mariátegui.

BIBLIOGRAFIA.

CARPINTERIA DE LO BLANCO
Y TRATADO DE ALARIFES
POR DON DIEGO LOPEZ DE ARENAS.

3.ª *edicion: con el suplemento de D. Diego Rodriguez de Villafañe,*

ANOTADA Y GLOSADA

POR D. EDUARDO MARIÁTEGUI

Capitan de Ingenieros (1).

La acreditada revista *El Arte en España*, ha publicado, formando parte de la biblioteca que regala á sus suscritores, el interesante libro cuyo título antecede, cuya primera edicion fué impresa por el autor en Sevilla en 1633, y la segunda en 1727, por D. Santiago Rodriguez de Villafañe, con un suplemento; siendo en el dia rarísimos los ejemplares de una y otra.

En esta tercera edicion se ha respetado cuidadosamente el texto de la primera, sin omitir los tratados de *alarifes* y de *relojes*, adicionados por Lopez de Arenas al de *Carpinteria*, que forma la parte principal del libro y acompañándose una copia curiosísima de la portada y retrato del autor, tomados de dicha edicion primera; además se reproduce el suplemento de Rodriguez de Villafañe, y por último, nuestro compañero D. Eduardo de Mariátegui ha enriquecido esta nueva edición con notas aclaratorias y un interesante *glosario* para la significacion de los términos técnicos y anticuados, sin cuyo trabajo la obra de Arenas seria ininteligible.

«La *Carpinteria de lo blanco*, nos dice en el prólogo la re-

(1) Un tomo en 4.° con muchos grabados, 60 rs. en rústica y 100 elegantemente encuadernado. Véndese en la Direccion General de Ingenieros y en las principales librerías.

daccion de *El Arte en España*, esto es, la carpintería aplicada á la construccion de una manera monumental y artística, tal como la entendia nuestro autor, es simplemente la cultivada con tanto esplendor por los moros andaluces en los últimos períodos de su arquitectura. Por esta razon, el compendio de que se trata es no solo la obra más original y castiza de cuantas se han escrito en castellano sobre materias análogas, sino la única que ha conservado algun secreto del arte de los siglos medios y la única tambien que puede ofrecer, y de hecho ha ofrecido, un resultado práctico y positivo.»

Estas palabras manifiestan bien la importancia de la obra que nos ocupa, pues el autor, aunque compendiosa y lacónicamente, trata no solamente de las armaduras ordinarias de diferentes formas, sino tambien de los famosos techos de alfarge de que nuestra nacion cuenta tantos y tan curiosos ejemplos, aun despues de haber sido destruidos otros muchos por abandono ó ignorancia.

Producto este género de construcciones del delicado gusto de los moros en su último período de dominacion, fué aceptado por los cristianos vencedores y combinado con el sistema de arquitectura llamado gótico, predominante á la sazon, resultando de esta combinacion un estilo propio y peculiar de España, que se conservó y ha llegado á nuestros dias, gracias á la obra de Lopez de Arenas, digna del estudio de todo constructor que ame á su arte y que desee sobresalir en él y ser algo más que un rutinario. Será tambien utilísima la consulta de este libro, á los que necesiten restaurar ó reparar antiguas construcciones, en cuyo caso suelen hallarse con frecuencia los oficiales de Ingenieros cuando proyectan obras en los muchos exconventos que hoy posee el ramo de Guerra, y por último, para el erudito, el bibliófilo y el curioso amante de las glorias españolas, tendrá un gran interés la razonada lectura del compendio de *Carpintería* de que tratamos, que era ya casi desconocido.

Los tratados que acompañan al de la *Carpintería*, vienen á ser, el uno titulado *de alarifes*, breves reglas para cubicaciones y tasaciones, y el otro *de relojes*, nociones para construir horarios solares; ninguno de ellos llama la atencion, como tampoco el suplemento ó adiciones de Rodriguez de Villafañe, referentes solo á los dos últimos tratados, y no al de *Carpintería*; pero creemos que se ha hecho bien en publicarlos, pues conservan su carácter de libro curioso á la obra.

Lo que ofrece muchísimo interés son las notas y el *glosario* adicionados á esta edicion por el Sr. Mariátegui, que representan un trabajo árido y difícil como pocos, aunque indispensable para que el público pudiera juzgar de la obra; teniendo además la ventaja el *glosario* de que recordando á los constructores y escritores la significacion de muchas voces anticuadas pero muy propias y castizas, se estimulen á hacer uso de ellas, en vez de las afrancesadas ó impropias hoy tan corrientes; pues tiempo es de que la generalidad de los que escriben sobre el arte de construir, recuerden que la propiedad del lenguaje no está reñida con aquel y cuiden algo de limar el estilo y usar un tecnicismo propio y castizo, de lo que tanto los aparta sin duda el estudio de las obras escritas en idiomas estranjeros.

Reciba nuestro compañero el Sr. Mariátegui, así como las ilustradas personas que le han ayudado en su ímprobo trabajo, la afectuosa enhorabuena que les damos por la perfeccion con que ha sido desempeñado: reciba asimismo la redaccion de *El Arte en España* nuestro parabien, por la interesante joya que puede decirse ha exhumado y que deseamos haber despertado deseos de conocer á los lectores del *Memorial*, seguros como estamos de que han de agradecérnoslo.

REVISTA DE LA PRENSA MILITAR ESTRANJERA.

LE SPECTATEUR MILITAIRE.

Esta interesante publicacion que cuenta 42 años de existencia, es de las más antiguas que se conocen, y nunca ha dejado de merecer un lugar preferente en las Bibliotecas militares.

Redactada por oficiales ilustrados, sus críticas nunca son apasionadas ni aventurados sus juicios; cuando por los resultados obtenidos, la esperiencia sanciona lo que la teoría promete, emite su opinion y acepta ó desecha la idea con entera imparcialidad.

Durante el año que acaba de trascurrir, ha publicado notables artículos sobre todos los ramos del arte militar, y seguido paso á paso cuantos descubrimientos y aplicaciones se han hecho durante este período.

Muy prolijo seria enumerar todos los trabajos que presenta en los 12 cuadernos del año 1868. Podemos citar, sin embargo, una memoria del General Tripier, titulada *Des abris pour le canon*, en la que propone una modificacion en el trazado de los parapetos, empleando para su construccion cajones de palastro rellenos de tierra apisonada.

Otra memoria importante es la del Capitan Costa de Serda, de Alemania, *Les chemins de fer au point de vue militaire.*

Los artículos sobre armas portátiles que tanto preocupan hoy á todas las naciones; las modificaciones que tienen que ocasionar en la organizacion y modo de combatir de las tropas; las esperiencias que con ellas se han hecho y los resultados obtenidos, están perfectamente tratados y son de grande interés.

Contiene tambien la composicion y organizacion del ejército en el campo de Chalons, así como las esperiencias, simu-

lacros y maniobras que en él se han verificado. La trinchera-abrigo construida por la infantería, en pocos momentos y con facilidad, merecen fijar la atencion, pues con ella puede contrarestarse el efecto de los fuegos de fusilería, tan mortíferos como son los que las nuevas armas por su precision y alcance producen.

Lo referente á la administracion y su *Revista bibliográfica*, por lo sériamente tratados, son por todos conceptos muy recomendables.

JOURNAL DES ARMES SPECIALES.

En el año de 1868 ha publicado varios artículos de interés. Entre ellos citaremos uno referente al empleo de algodon-pólvora en las demoliciones, trabajo comunicado por el Mayor Miller.

Además publica un tratado de reconocimientos militares, que por el detalle y buen órden que en él se observan, no dudamos sea de grande utilidad para los Oficiales de todas las armas. Contiene tambien curiosas é interesantes noticias militares de todos los países, y dedica una parte á la historia militar contemporánea.

JOURNAL DE SCIENCES MILITAIRES.

Las 12 entregas del último año contienen trabajos de bastante importancia, aunque dedica la mayor parte á los estudios sobre las armas de fuego portátiles y piezas de artillería.

El estudio de las trayectorias idénticas y los proyectiles correspondientes, está estensamente tratado, así como el *Manual histórico de la tecnología de las armas de fuego.*

Estos dos trabajos son de interés, sobre todo para Oficiales de Artillería.

Haremos notar tambien que una gran parte se dedica á la

traduccion de la Memoria del Coronel D. Angel Rodriguez Arroquia, *La fortificacion en* 1867, inserta en nuestro *Memorial*. Al ver en las columnas de una publicacion del género de la que nos ocupa, la traduccion espresada, no podemos menos de congratularnos de la importancia y consideracion que se dispensa al *Memorial* del Cuerpo.

RIVISTA MILITARE ITALIANA.

Los artículos que esta publicacion ha presentado este año están bien tratados, sobre todo, en lo que se refiere al armamento y organizacion del ejército.

El proyecto de la nueva organizacion de la artillería, merece fijar la atencion por los resultados á que puede conducir.

La revista bibliográfica está muy acreditada y sus noticias militares son siempre interesantes.

REVISTA MILITAR PORTUGUEZA.

Encontramos de notable en las entregas recibidas, las noticias sobre las piezas de bronce, de aluminio y del metal Sterro.

El proyecto de organizacion del ejército ocupa varios números.—Contiene tambien una revista bibliográfica y datos importantes sobre administracion.

PARTE OFICIAL.

Orden de 4 de Noviembre de 1868, facultando á los Capitanes generales y Directores para conceder licencias temporales.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 30 de Noviembre, me dice lo que sigue:

«Excmo. Sr.:=Deseando abreviar la tramitacion de los expedientes de licencias temporales de los Jefes y Oficiales de las diferentes armas é institutos del Ejército, descargando de trabajo á este Ministerio y dando más ensanche á las atribuciones de las autoridades superiores militares, he creido conveniente resolver lo que sigue:=1.° Los Capitanes generales de los Distritos y el Comandante general de Ceuta, podrán conceder en lo sucesivo, prévia la justificacion correspondiente, las licencias y prórogas que para restablecer su salud, tomar baños ó arreglar asuntos propios, se soliciten para la Península é Islas adyacentes por los Jefes y Oficiales de los Cuerpos pertenecientes á la guarnicion de su mando.=2.° Los Directores generales de las armas é institutos quedan asimismo autorizados para conceder las que se pidan con cualquiera de los objetos indicados, por los Jefes y Oficiales empleados en las Secretarías de las Direcciones, en las dependencias centrales de su inmediato cargo, academias y destinados á sus órdenes.=3.° Igual autorizacion se concede al Presidente del Tribúnal Supremo de Guerra y Marina y al del Consejo de redenciones y enganches, por lo que respecta á los Jefes y Oficiales empleados en las dependencias á sus órdenes.=4.° Para la concesion de las licencias de que se trata, deberán sujetarse en un todo las referidas autoridades á lo prevenido en circulares de 26 de Enero de 1858, 1.° de Abril de 1859, y 3 de Julio de 1867.=5.° Los Capitanes generales darán conocimiento á este Ministerio de las licencias que concedan, remitiendo originales los espedientes de las que sean por enfermedad, participándolo tambien al Intendente militar del distrito, á los Capitanes generales del en que los interesados deban pasar á disfrutarlas y á los Directores generales de las armas respectivas.=6.° Los Directores de las armas y Presidentes mencionados, además del conocimiento á este Ministerio en la forma que queda prevenida y á los Capitanes generales de

los distritos para donde concedan las licencias, lo participarán al del en que se hallen sirviendo los interesados para que puedan espedirles el oportuno pasaporte, comunicándolo tambien al Director general de Administracion militar.=7.° Las licencias que soliciten los Generales y Brigadieres, seguirán concediéndose por este Ministerio. Lo digo á V. E. para su conocimiento y fines consiguientes.»

Lo que traslado á V..... para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 4 de Diciembre de 1868.=*Echagüe.*=Sr.....

Orden de 28 de Enero de 1869, concediendo el servicio de asistentes á los Jefes y Oficiales del Cuerpo.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 28 del mes próximo pasado, me dice lo que sigue:=Excmo. Sr.:=En consideracion á lo manifestado por V. E. á este Ministerio en su comunicacion de diez y ocho de Diciembre último, en la parte que hace relacion al derecho que tenian antes los Jefes y Oficiales del Cuerpo de su cargo á sacar asistentes de la clase de soldados; cuyo derecho quedó limitado á los términos señalados en la Real órden de veintiocho de Junio de mil ochocientos sesenta y siete, he tenido por conveniente disponer que en lo sucesivo se consideren rehabilitados en aquel derecho los Directores Subinspectores del Cuerpo en los Distritos y los demás Jefes y Oficiales del mismo que tengan sus destinos en los mismos, los cuales disfrutarán del servicio de asistentes, respectivamente, en el número fijado en el estado unido á dicha Real órden á los Jefes y Oficiales pertenecientes á Regimientos y Cuerpos armados; bajo el concepto de que los asistentes que puedan corresponder á los espresados Directores Subinspectores, Jefes y Oficiales con destino efectivo, se les facilitarán precisamente de los Cuerpos de Infantería que haya de guarnicion en los Distritos en que aquellos sirven, debiendo ser estensiva y aplicable la presente resolucion, análogamente á los Jefes y Oficiales de Artillería y del Cuerpo de Estado Mayor del Ejército.=Lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes.=Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.=Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 10 de Febrero de 1869.=*Echagüe.*=Sr.....

MISCELANEA.

Del *Spectateur militaire* perteneciente al mes de Enero último tomamos el siguiente artículo:

SIMULACRO DE SITIO EN COBLENTZA.

1862.

Si bien todos los Ingenieros militares reconocen, por los adelantos llevados á cabo en las armas de fuego, la precision de dar mayor resistencia á las zapas que se emplean en los trabajos de sitio, no se hallan de acuerdo sobre las proporciones que convendria darles para conseguirlo.

Diferentes soluciones se han propuesto para mejorar lo que sobre el particular se practica, numerosas esperiencias se han llevado á cabo en las Escuelas Prácticas, pero hasta el dia no se ha encontrado un resultado bastante satisfactorio que sirva de norma en lo sucesivo. El gran simulacro de sitio que se ha verificado este año en Coblentza, no ha proporcionado solucion á esta cuestion, pero con él se ha dado un gran paso en ella y se han verificado numerosas esperiencias muy importantes.

Hallándose reconocido que en las escuelas ó simulacros de sitio anteriores, solo se habia dado una importancia secundaria á los trabajos de zapa y la preferencia de los mismos recaido en los de minas, en los que los adelantos obtenidos inspiran tanta curiosidad á los que los ejecutan, se dictaron órdenes por S. E. el Teniente General de Kamecke, para que los ejer-

cicios de este año último fuesen un simulacro de sitio propiamente dicho. Los minadores no debian ejecutar otros trabajos que los que les corresponden de una manera inmediata en las operaciones de un sitio, tales como el derribo de palizadas para abrir brecha á las columnas de asalto, etc., etc.

1.°—*Punto de ataque y tropas empleadas en el simulacro de este año.*

El gran campo de maniobra colocado delante del frente Sur del fuerte Alejandre, proporcionaba grande facilidad para la ejecucion de los trabajos de sitio, sin exigir grandes gastos. Por esta razon se le escogió para punto de ataque. Estos trabajos debian comprender un paso de foso lleno de agua, al que la eleccion del punto elegido obligaba á renunciar. Se ejecutó éste aisladamente en el puerto al pie de la fortaleza de Ehrenbreistein.

Ocho compañías de Ingenieros, una batería de campaña y dos batallones de infantería, pertenecientes á distintas guarniciones, tomaron parte constantemente en el simulacro del sitio. Tambien lo verificaron cinco compañías de artillería de plaza del fuerte. Las otras tropas de la guarnicion, tales como tres compañías de Ingenieros, tres batallones de granaderos de la Guardia y cuatro de infantería, no fueron empleadas constantemente todos los dias, ejercitándose así en las cercanías de la plaza en maniobrar en conjunto bajo la direccion del General Mayor Mirus.

El Coronel Leuthans, inspector de la tercera inspeccion de zapadores, mandaba en jefe los trabajos de ataque. La artillería la dirigia el Mayor Mertens. Los Inspectores generales de Artillería é Ingenieros, cuatro individuos del Comité de Ingenieros y un gran número de Oficiales pertenecientes á las armas especiales asistieron á estas operaciones.

Una Comision de esperiencias dirigida por el Coronel Cohau-

sen, individuo del Comité citado, estaba encargada de resolver los diversos ensayos sobre los trabajos de zapas. Estos los verificaba ya separadamente ó enlazándolos con los de ataque del sitio.

2.°—*Marcha general de los trabajos.*

El simulacro de este sitio empezó el 19 de Agosto y duró hasta el 22 de Setiembre. Se establecieron tres paralelas delante del fuerte, se coronó el camino cubierto y se hicieron dos bajadas de foso. La infantería hasta el 26 de Agosto no tomó parte en estos trabajos, dia en que se llegó á las medias plazas de armas. El 1.° de Setiembre se hizo volar por la mina, el blokaus y las palizadas colocadas en el saliente del atrincheramiento Gran Duque Alejandro. Este se tomó incontinente por la infantería asaltante. Dos compañías de zapadores establecieron su alojamiento en la gola y pusieron el foso en comunicacion con la media plaza de armas próxima.

El 2 de Setiembre se abrió la tercera paralela á la zapa llena y se prosiguió adelantando con esta zapa hasta coronar el camino cubierto.

3.°—*Trabajos de la Comision de esperiencias y observaciones sobre los sistemas empleados.*

Esta Comision tenia por objeto hallar cuál de las distintas zapas empleadas presentaba suficiente resistencia á los proyectiles enemigos, consintiendo avanzar con una velocidad conveniente.

Se ensayaron cuatro zapas distintas:

1.ª Zapa toda de tierra.

Esta zapa es sin cestones; el ceston relleno es sustituido por un parapeto de tierra de él que el pie de su talud se halla á $0^m,47$ de la estremidad de la forma del primer zapador. Despues de avanzar $0^m,55$ de esta forma, éste parapeto es derribado

con palas del lado de la zapa hasta que se haya restablecido otra berma de $0^m,47$, y así sucesivamente. La tierra se arroja parte delante de la cabeza de zapa y parte detrás del parapeto.

La cabeza de zapa consta de 15 zapadores á las órdenes de un Sargento. Forman cinco grupos, cada uno de tres zapadores, que trabajan de frente. Los dos últimos descansan. Se relevan unos y otros por cuartos de hora. Los del número 5 pasan á ser números 1, los que se retiran una forma. Estas son las dimensiones en pies (un pie $= 0^m,3138$) de tres formas, teniendo cada una seis de longitud.

Números.	Anchura superior.	Id. inferior.	Profundidad.
1	7 pies.	5 pies.	3 pies.
2	8 ½	6	3 ½
3	10	7	4

Se tiene cuidado de dejar un talud por la berma y el revés.

2.ª La zapa llena ordinaria.

3.ª La zapa austriaca de 6 pies ($1^m,88$) de profundidad, en la que se reemplaza el ceston relleno por un tablero cubierto de planchas de hierro.

4.ª Zapa de ensayo del Coronel Leuthans de 4 ½ pies de profundidad ($1^m,41$), hecha sin cestones y cubierta con un ceston relleno de 2 pies ($0^m,63$) de diámetro y 8 pies ($2^m,51$) de longitud (zapa profunda).

Se observó minuciosamente la rapidez del adelanto de las cuatro zapas. Las esperiencias de tiro que se verificaron al fin del simulacro de sitio permitieron estimar su resistencia relativa.

Las siguientes cifras hacen conocer los resultados.

En una hora de trabajo:

Zapa ordinaria avanzó 5 ½ pies ($1^m,73$) con 8 zapadores.
Zapa de esperiencia de 5 ½ pies ($1^m,73$) con 12 zapadores.
Zapa austriaca de 3 ¼ pies ($1^m,02$) con 12 zapadores.
Zapa de tierra de 3 ¼ pies ($1^m,02$) con 15 zapadores.

La marcha de la zapa llena ordinaria y la de la de ensayo son idénticas y más rápidas que las otras dos. La de ensayo tiene una ventaja marcada sobre la llena: primero por la mayor resistencia de la masa cubridora que se halla formada de una altura mayor de escavacion, y segundo por la mayor movilidad del ceston relleno.

La austriaca cubre aun mejor, pero no parece ser ventajosa. Por una parte el tablero rectangular que cubre la cabeza de ella tiene próximamente 5 pies (1^m,60) de anchura y está cubierto por una placa de hierro de $\frac{1}{4}$ de pulgada y (0^m,007) de espesor. Dicho tablero se hace muy pesado y no puede manejarse fácilmente por los zapadores de la cabeza. Sucederá frecuentemente que profundizando el terreno 6 pies (1^m,88) se encontrará ya agua ó roca en ella, lo que detendrá la continuacion del trabajo.

Resultado del tiro.—Se pusieron en batería:

Una pieza rayada de 12 tirando sobre la zapa toda de tierra y la llena, y principalmente sobre el ceston relleno.

Una rayada de 6, tirando sobre la austriaca y la de ensayo.

Otra rayada de 4 de sitio, contra la de ensayo.

El número de disparos que se hicieron, fueron 28. Cinco granadas no dieron en las zapas, y las 23 restantes produjeron los efectos siguientes:

El parapeto de la cabeza de zapa, toda de tierra, fué arrasado sobre 4 pies (1^m,25) de anchura y (3 pies 0^m,94) de profundidad. Con tres tiros mas, hubiese sido inhabilitable la zapa.

En la llena ordinaria, el resultado fué análogo. Las formas de los tres primeros zapadores estaban completamente al descubierto. El ceston relleno fué sólo atravesado por una granada que reventó en la zapa.

Despues de siete disparos contra la austriaca, y á pesar de haber sido derribados los cestones de la cabeza, se encontraban los zapadores completamente á cubierto en esta zapa, en la que se hallaban, sin embargo, cascos de granadas.

La de ensayo resistió asimismo muy bien. En su cabeza se hallaba el parapeto estropeado sobre la mitad de su altura, pero en la primera forma estaban los zapadores cubiertos en una altura de 6 pies.

Estos son los resultados numéricos. Por favorables que sean para las últimas zapas, parece seguro que no será posible en lo futuro hacer adelantar una zapa llena de dia y que esté perfectamente cubierta. El efecto moral producido en el ánimo de los trabajadores por las granadas que penetran en el parapeto, aunque sus cascos no lastimen á ninguno, debe ser tal, que sea difícil estorbar que no abandonen sus formas. La artillería del ataque debe, por lo tanto, haber llenado cumplidamente su mision, apagando en totalidad el fuego de la de la plaza, y si no ha de ser preciso trabajar nuevamente de noche.

Análogamente se ha ensayado en este simulacro el efecto del tiro del fusil de aguja y de las carabinas de parapeto contra las cabezas de zapa. Se verificaron esperiencias tirando á 100, 200 y 300 pasos con los fusiles de aguja, y á 440 con las carabinas. Blancos y maniquís, permitian observar los efectos producidos. Los resultados nada presentaron notable para ninguna de las cuatro zapas. El zapador de cabeza de la zapa de ensayo, fué chocado en el pecho por la bala de una carabina, que pasando por el ceston relleno atravesó la fila de sacos de tierra que les cubria.

Cuando la artillería terminó sus ensayos de tiro, se verificó un fuego vivo de infantería por hileras á 200 pasos, teniendo por objeto impedir la reconstruccion de las zapas ya deterioradas.

Despues de 210 disparos, un número igual contra las cuatro cabezas de las cuatro zapas, se vió que los blancos de la hecha toda de tierra habian sido tocados por 24 proyectiles, los de la zapa llena por 20 y los de la de ensayo por uno solo. Los de la austriaca no fueron tocados.

Por último, se hizo fuego contra las zapas con racimos de balas y granadas, con dos morteros de 50 libras colocados á 200

pasos de distancia. El número de tiros que dieron en los blancos fué considerable.

Del *Journal des Armes speciales* tomamos las siguientes esperiencias para reconocer el tiempo preciso exigido en la construccion de las obras de fortificacion pasagera ejecutadas en el campo de Toaino, en el reino de Italia:

1.° Se eligió un terreno llano, cultivado y de naturaleza arcillosa. Se ocupó un batallon de infantería de 300 plazas, 100 hombres con palas y 50 con picos. Ejecutaron una trinchera de 95 metros de desarrollo.

En 10 minutos, la mayor parte de los trabajadores habian cavado un foso de $0^m,43$ de profundidad y de anchura por la parte superior $1^m,25$, el que proporcionó un parapeto de $1^m,50$ de base y $0^m,46$ de altura.

En 25 minutos, la misma tropa hizo otra de $0^m,51$ de profundidad y $1^m,45$ de ancho, que dió un parapeto de $1^m,90$ de base y $0^m,62$ de altura.

En los mismos 25 minutos, sobre toda la línea, se hizo una de $1^m,50$ de anchura y $0^m,32$ de profundidad, con un parapeto de $1^m,85$ de base y $0^m,60$ de altura.

El perfil adoptado era el de las trincheras ordinarias. La distribucion de los útiles ocupó 10 minutos.

2.° Se eligió un terreno arenoso y cultivado, y se llevó á él un batallon de 220 hombres, 80 con palas y 48 con picos, y construyeron una trinchera de 100 metros de desarrollo.

En 10 minutos, ésta tenia $1^m,10$ de anchura, $1^m,40$ de profundidad, $1^m,15$ anchura parapeto en la base y $0^m,46$ altura.

En 20 minutos, anchura $1^m,50$, profundidad $0^m,35$; parapeto $2^m,30$ base, $0^m,75$ altura.

En 30, anchura $1^m,05$, profundidad $0^m,65$; parapeto $2^m,18$ base y altura $0^m,76$.

Los útiles se repartieron en dos minutos, para lo que estaban dispuestos en el medio del sitio en que se colocó el batallon.

3.° Un batallon con 120 palas, construyó una trinchera de 100 metros de longitud en un terreno arenoso y arcilloso.

Despues de 10 minutos, la trinchera era de $1^m,25$ de anchura sobre $0^m,38$ profundidad; parapeto $1^m,16$ base, sobre $0^m,05$.

Despues de 20 minutos, la primera 1^m,05 sobre 0^m,55; parapeto con talud interior paleado 1^m,08 base sobre 0^m,64.

Despues de 30 minutos, trinchera 1^m,05 sobre 0^m,65; parapeto 2^m sobre 0^m,65.

4.° Otro batallon con 120 palas en un terreno arenoso y arcilloso, tambien construyó 120 metros de una trinchera que tenia:

Despues de 10 minutos, una anchura de 1^m,20 sobre 0^m,41 en la trinchera y parapeto de 1^m,31 sobre 0^m,44.

Despues de 20 minutos, anchura de 1^m,50 sobre 0^m,52, y parapeto 1^m,06 sobre 0^m,73.

Despues de 30, anchura de trinchera 2^m sobre 0^m,06, y parapeto 2^m,01 sobre 0^m,75.

En las esperiencias 3.ª y 4.ª los útiles se distribuyeron en 10 minutos, y los trabajadores se relevaban cada otros 10. Al cabo de los 10 minutos los mismos trabajadores que se relevaban de la trinchera se empleaban en apisonar ó apalear el parapeto y regularizar las formas.

Los resultados de estas esperiencias han hecho ver que en 20 minutos en un terreno arcilloso se puede construir una trinchera de 0^m,42 de profundidad sobre una anchura de 1^m,40, con un parapeto de 1^m,75 de base sobre 0^m,56 de altura, y en uno arenoso una trinchera de 1^m,45 de anchura sobre 0^m,53 de profundidad, con un parapeto de 1^m,85 sobre 0^m,63.

Si se hace notar que las esperiencias se han hecho con tropas no habituadas á estos trabajos, se puede calcular que con soldados ejercitados en ellos y con oficiales y sargentos que sepan distribuirlos bien y dirigirlos con acierto, se podrá en un cuarto de hora cavar una trinchera que cubra de la fusilería y metralla.

Nos apresuramos á hacer patente la superioridad de este hecho, porque es evidente cuanto es esencial y urgente hallar modo de proteger la tropa contra los efectos mortíferos de las nuevas armas y de las metrallas, siempre que tengan que permanecer aunque sea poco tiempo en una determinada posicion. Creemos, pues, indispensable que las tropas se ejerciten en estos trabajos, y que ante todo se estudien los medios de proveerlas rápidamente de útiles. Esta nueva aplicacion de la fortificacion pasagera, merece la atencion de los hombres de guerra, y desearíamos ver sobre el particular alguna instruccion y un reglamento sencillo y bien pensado.

MISCELANEA.

De la *Revista Militar Suiza* del mes de Febrero último, tomamos el siguiente articulo sobre el fusil Vetterli:

«El *Moniteur de l' Armée* ha publicado en uno de sus últimos números, con la firma de M. Du Casse, el articulo siguiente que la *Revista Militar Suiza* tiene el placer de reproducir acompañándole de algunas observaciones:

»Despues de repetidas esperiencias muy interesantes, la Suiza ha adoptado para su ejército un fusil de repeticion que se carga por la culata y de un sistema al que su inventor M. Vetterli ha puesto su apellido.

Una concesion de 80.000 de estas armas se ha sacado á pública subasta.

En un principio el Gobierno federal, no queriendo resolver sin pensarlo detenidamente su preferencia sobre la eleccion de sus armas portátiles, y ambicionando tener el tiempo preciso para estudiar todos los sistemas y escoger el que en su concepto reuniese más ventajosas condiciones, no quiso encontrarse desprovisto en un momento oportuno de ellas, y empezó por trasformar 120.000 fusiles y por comprar 12.000 del sistema americano Peabody.

Convencido en la actualidad que el fusil Vetterli es para un reducido ejército el arma portátil de fuego más ventajosa, la ha adoptado como tal para el suyo, y creyendo el *Moniteur* que en los ejércitos de todas las naciones existirá interés en conocer este fusil, sus ventajas, cualidades, defectos é inconve-

nientes que puede tener, manifiesta que esta arma, buena para un ejército de un efectivo reducido, para uno que deba hallarse siempre preparado para la guerra defensiva, operando en país montañoso y en su terreno propio, no conviene lo mismo á otro que por tener un efectivo numeroso no se halle en las mismas condiciones y deba maniobrar en todos los terrenos y verse obligado á pasar rápidamente de la defensiva á la ofensiva ó inversamente.

Sentado esto, vamos á examinar el fusil Vetterli bajo el concepto de admitirse para el ejército federal Suizo y decir los inconvenientes que le hallamos para los de las grandes naciones.

El mecanismo es sencillo. El arma sólida, fácil de manejar, tiene gran precision y gran velocidad para dispararla.

Por la parte inferior, y en toda la longitud del cañon (y en esto se distingue de las demás armas que se cargan por la culata), ésta tiene un largo recipiente constituyendo el sistema de repeticion. Veinte cartuchos pueden colocarse en este tubo, y por un movimiento de los más sencillos viene cada uno de ellos á colocarse sucesivamente en la recámara para ser disparado á su vez.

Tiene cada soldado con esta arma veinte disparos que puede tirar instantáneamente contra su adversario.

Veamos cómo se maneja. Estando los cartuchos en el recipiente, de un solo tiempo se abre el arma. Se coloca en la culata el primero y el fusil está dispuesto á hacer fuego. Disparado éste, se vuelve á hacer el mismo movimiento. Un resorte enérgico arroja lejos los restos del cartucho disparado, y el segundo ocupa por sí mismo la posicion del anterior. Lo mismo se verifica con los demás. Si no se desea emplear el sistema de repeticion prefiriéndose poner los cartuchos uno á uno, el tirador abre el fusil y lo prepara en un solo tiempo, coloca el primero con la mano en la recámara sin que tenga que empujarlo en el cañon. Vuelve á cerrar el fusil empujando el obtura-

dor adelante y bajando la palanca. Todo se hace en un tiempo. Acto continuo puede hacer fuego.

El manejo de este fusil es más sencillo que el de Chassepot ya tan poco difícil. Es sin duda alguna lo mejor que se ha inventado bajo este concepto, y positivamente no se llegará nunca á una perfeccion que sea más aceptable.

Cuando este fusil se halla preparado para hacer fuego, una muesca de seguridad permite desarmarle, sin que el percutor toque ó llegue al cartucho y produzca la esplosion. Por medio de un sencillo movimiento sobre la palanca se prepara de nuevo.

Una de las mayores ventajas de este sistema, es que el percutor no es una aguja delgada y delicada, sino una varilla sólida, componiendo á la vez el gatillo y la nuez de la llave, de suerte (y esto es otra ventaja), que para desmontar el arma ó para reemplazar el percutor no es necesario ningun instrumento. El soldado ó tirador lo verifica con sus dedos sin recurrir al destornillador.

Hemos asegurado que el resorte por medio del que los restos del cartucho disparado son arrojados del arma, tiene un gran poder de accion. Este se halla fabricado y acomodado de tal suerte, que si se desea descargar el fusil sin hacer disparo y quitar el cartucho intacto, se presenta éste lentamente y entero sin ser arrojado bruscamente. Por lo espuesto se comprende bien que esta arma está muy ingeniosamente combinada.

Ensayada en el campamento de Chalons en Setiembre último en presencia del Emperador, por un diestro tirador, M. Renette hijo, á la que se habia dado el título de fusil Chassepot modificado, hizo patente sus brillantes resultados. A la distancia de 500 metros se hicieron en 90 segundos 20 disparos, y todas las balas dieron en el blanco, sin que M. Renette hiciese uso del repetidor, esto es, colocando cada disparo el cartucho con su mano.

Esta circunstancia prueba hasta la evidencia que el tiempo necesario para cargar y tirar con este fusil, es decir, para su

servicio, es tan pequeño que queda al tirador la posibilidad de apuntar perfectamente.

Descrito el fusil Vetterli, veamos cuál es su cartucho.

Dos sistemas están hoy en competencia. El de los de papel que se consume, ó mejor dicho, se considera que se consume en el interior del cañon en el momento de la esplosion, y el de envuelta metálica, sirviéndose de obturador y necesitándose un estractor.

Si se llegase á obtener un cartucho efectivamente combustible de papel, que no dejase nunca resíduos sólidos en el cañon; si este cartucho pudiera ser rígido, sostener el proyectil en el eje, servir de obturador é impedir todo escape de gases; si al mismo tiempo estaba al abrigo de los deterioros causados por el trasporte y por la humedad; si, en una palabra, si correspondiese á todas las exigencias, no hay duda que seria preferible á todo; pero esta piedra filosofal de las armas de fuego portátiles, aun no se ha encontrado.

El cartucho Chassepot es el que más parece acercarse al objeto que nos proponemos, y sin embargo está muy lejos de ser perfecto.

La otra clase de cartuchos es metálica ó con un culote metálico y una inflamacion central, y no tienen los inconvenientes del de papel. Esta clase es la empleada en los sistemas de los Estados-Unidos de América y en el fusil Vetterli. Es rígido, contiene la bala y puede recibir esta enlucido de una capa de grasa, lo que es importante para la precision del tiro y para la conservacion del arma; este cartucho no sufre ni por el trasporte ni por la humedad; no existe peligro alguno de esplosion, tanto en los cajones como en los almacenes; pero por otra parte exige un estractor espeso y sólido en la misma arma; su envuelta metálica aumenta en peso y precio.

El cartucho Chassepot pesa en junto 31'50 gramos; se descompone en 5'50 gramos de pólvora, 25 de proyectil y uno de envuelta.

El metálico del mismo calibre, sistema Boxer, empleado para el fusil Vetterli, es de un peso de 36 gramos, de los que 8 son de la cubierta, 5 de pólvora y 23 del proyectil.

Este último es una sesta parte más pesado que el anterior.

El precio del Chassepot es un tercio menos subido que el del cartucho Boxer.

Estas son las ventajas é inconvenientes de estas dos clases de municiones; tales las consideraciones que han hecho inclinarse la preferencia en favor del cartucho de papel Chassepot en Francia cuando se ha decidido la eleccion de esta arma portátil.

En resúmen, el cartucho combustible no presenta garantías de solidez y de obturacion y es de una fabricacion difícil.

El metálico es más pesado y más caro.

Admitido lo espuesto nos resta fijar la cuestion del estractor. Bajo este concepto el sistema responde á cuanto se puede exigir. La estraccion es fácil, fija y poderosa; se verifica por un movimiento de retirada horizontal que produce la mano del tirador y no como en otros sistemas, por un instrumento ó un resorte, teniendo poco movimiento, dependiendo accesoriamente de un mecanismo por lo ordinario complicado. El estractor Vetterli quita lo mismo el cartucho entero como sus restos, disparando el tiro, lo que es una gran ventaja en caso de faltar el disparo. Se pierde un tiro, hé aquí todo, y el fusil continúa funcionando sin confusion ninguna, ni necesitar el uso de la baqueta.

Bien se comprenderá que el fusil Vetterli con su tubo repetidor, ofrece menos solidez como arma blanca, ó arma de mano que el de no de repeticion.

Si el fusil citado puede convenir á un pequeño cuerpo de tropas, esto es, para un ejército reducido, no teniendo sino raramente que combatir, y de cierta manera para asegurar la defensa del territorio ó la tranquilidad interior del país, esta arma no podria en el mismo grado ser buena para una gran potencia á la que le son precisas armas de tiro y blancas muy

sólidas, que no sean susceptibles de ser fácilmente rotas ó descompuestas durante una campaña, exigiendo municiones más ligeras y baratas.

Debemos añadir, sin embargo, que un mosqueton de este sistema para la caballería se estudia en la actualidad por una comision en Francia.

En resúmen: el fusil Vetterli que hemos descrito, es un arma ingeniosamente combinada que se ha hecho perfectamente en adoptarla en Suiza, que no puede convenir á un número so ejército y que segun todas las apariencias tiene, sin embargo, un bello porvenir.

Nosotros, dice la *Revista Militar Suiza*, no hemos podido examinar aun el último modelo Vetterli y las felices innovaciones recientemente introducidas en el mecanismo de esta arma; no se poseen aun los dibujos ni la instruccion, de suerte que al punto de vista técnico no sabríamos fijar un precio definitivo y bastante motivado sobre sus cualidades y defectos. Hemos encontrado, sin embargo, en el artículo de M. Du Casse, que es en general exacto y lisongero para la Suiza y M. Vetterli, algunas afirmaciones y juicios que creemos deber recoger y sobre las que deseamos presentar nuestras observaciones y reservas.

Admitimos con el *Moniteur de l' Armée* la inferioridad de Vetterli sobre Chassepot bajo el concepto de la solidez, sin que esta inferioridad provenga como parece decirlo del tubo repetidor, pero si de la caja del fusil dividida en el medio y cuyas dos partes están enlazadas por una pieza de metal. Se vé, por ejemplo, en el fusil Peabody que la parte anterior tiende á separarse de la pieza citada de metal, por que al disparo, la culata es violentamente empujada atrás por el retroceso, mientras que la fuerza de inercia obrando sobre la parte anterior del arma provée esta separacion, lo que no sucede á las armas cuya caja es de una sola y misma pieza.

El Chassepot es por lo tanto superior al Vetterli bajo el punto de vista de la solidez. En oposicion, sin embargo, con la opi-

nion del *Moniteur* creemos al Vetterli como arma blanca ó de combate tan sólido como cualquier otro modelo ó por lo menos que lo és lo suficiente. No estamos hoy en la época en que los combatientes se empeñaban en el campo de batalla embistiéndose como fieras, y la solidez llevada más allá de los límites útiles cesa de ser una cualidad ventajosa. Además, Inglaterra, que no es una nacion pequeña y que tiene un considerable ejército de Guardias Nacionales, no ha tenido reparo en aceptar el fusil Martini de caja dividida.

Pasemos por otros detalles y vengamos á las municiones. En este punto M. Du Casse no está decididamente exacto al asegurar: «El cartucho Vetterli es una sesta parte más pesado que el Chassepot.» En efecto, al mismo tiempo que este pesa 31'50 gramos, el Vetterli no pesa 36 gramos como dice, sino solo 30'25 en esta forma:

6	gramos	Envuelta metálica.
20'40	—	Proyectil.
3'75	—	Carga de pólvora.
0'10	—	Fulminato.
TOTAL. . . .		30'25 gramos.

Las instrucciones federales detallan para peso total del cartucho 30'60 gramos tomando en consideracion el de la grasa, calculada en 0'35 gramos.

M. Du Casse no está igualmente exacto cuando afirma «que el precio del cartucho Chassepot aparece ser más de una tercera parte ménos elevado que el de Boxer.» Nuestros cartuchos cuestan realmente 6 ½ céntimos uno, y el Chassepot viene á costar de 10 á 12 céntimos, no prestándose su fabricacion al trabajo de máquinas y teniendo que ser un obrero muy diestro para hacer ciento en un dia. Esta pequeña cantidad y este precio se esplican por el hecho de que uno, el Chassepot, debe pasar por 30 ó 32 talleres diferentes antes de hallarse terminado y empa-

quetado. Comparado con nuestras antiguas municiones de papel es cierto que el cartucho Vetterli presenta un peso más considerable y un aumento de precio; pero haciéndolo respecto al Chassepot, el nuestro posée indudablemente las ventajas de la ligereza y del mejor precio, además de las no disputadas de cartucho único inalterable y sin peligro de esplosion.

El *Moniteur de l' Armée* añade que el cartucho nuestro es de inflamacion central. Nosotros rechazamos este error de pluma, repitiendo por el contrario que la inflamacion es perisférica y que la aguja que se deberia llamar mejor tenedor, choca sobre dos puntos del reborde á la vez.

En cuanto á la cuestion de conveniencia politica, si asi podemos espresarnos, creemos que un arma reconocida escelente para nuestro pequeño ejército convendria lo mismo á otro más numeroso, y M. Du Casse nos perdonará si no hallamos muy formales los argumentos por medio de los que sostiene sobre este asunto la opinion contraria. Si Francia hubiese obrado con tanta prudencia como Suiza y hubiese trasformado rápidamente sus antiguas armas, esperimentando despues con sábia lentitud los últimos adelantos de los nuevos sistemas, reconoceria más francamente hoy que el fusil Vetterli es un arma modelo y perfectamente á propósito para servir al armamento de una paderosa nacion.

ORGANIZACION

DEL EJÉRCITO FEDERAL DEL NORTE DE ALEMANIA

EN 1868.

Las fuerzas de la Alemania del Norte se dividen en tres categorías: el Ejército, la Marina, la Landstrum.

El ejército se compone á su vez de dos partes distintas: 1.° el ejército permanente ó activo; 2.° la landwehr ó reserva.

La *landstrum* comprende todos los habitantes de la Confederacion desde la edad de 17 años hasta la de 42 cumplidos, que no forman parte del ejército.

El ejército permanente en tiempo de paz, consta de 121 regimientos de infantería y 18 batallones de cazadores, los cuales componen 7381 oficiales y 196.684 hombres.

La caballería se compone de 76 regimientos, de los cuales 10 de coraceros, 21 de dragones, 18 de húsares, 21 de hulanos, 4 regimientos sajones y 2 de la *Hesse* formando un total de 2134 oficiales, 54.834 hombres y 55.320 caballos.

La artillería se compone de 163 baterías á pié y 39 á caballo, cuyo total asciende á 808 piezas, 32.333 hombres y 8847 caballos.

El cuerpo de ingenieros consta de 13 batallones, 460 oficiales, 6578 hombres y 84 caballos.

Los trenes constan de 13 batallones, 158 oficiales, 3040 hombres, 1697 caballos y 344 carruajes.

El ejército federal del Norte consta, pues, en pié de paz, de 293.467 hombres y 65.948 caballos.

Las cinco clases de la landwehr, compuestas de hombres habiendo cumplido siete años de servicio en activo, comprenden 211 batallones de infantería y 108 escuadrones de caballería.

Cuando se decreta la movilizacion, del ejército activo se constituye en pié de guerra del modo siguiente:

Infantería: 733 batallones, 15.948 oficiales, 691.022 hombres, 17.074 caballos y 2194 carruajes.

Caballería: 484 escuadrones, 85.252 hombres, 88.124 caballos y 715 carruajes.

Artillería: 188 baterías á pié y 66 á caballo, 2264 oficiales, 96.320 hombres, 55.472 caballos, 1524 piezas y 962 carruajes.

Ingenieros: 13 batallones, 1357 oficiales, 18.585 hombres, 5954 caballos y 962 carruajes.

Tren: 13 batallones, 490 oficiales, 32.087 hombres, 18.879 caballos y 5828 carruajes.

Total del ejército en pié de guerra:

24.554 oficiales.
948.412 hombres.
198.655 caballos.
1.524 piezas.
16.167 carruajes.

Si á estas fuerzas se suman los 190.000 hombres que componen el ejército del Sur, que los tratados ponen á su disposicion, la Prusia puede disponer en caso de guerra de 1.140.000 hombres.

La Francia, en vista de este numeroso ejército, ha organizado el suyo de modo que pueda poner en pié de guerra un número mayor de hombres. Segun su nueva ley, puede elevar los 400.000 hombres que forman su ejército permanente en tiempo de paz, á 776.000 en pié de guerra. Si se añaden á estas fuerzas 430.000 hombres de guardia nacional móvil, se ve que puede disponer de 1.206.000 hombres.

De la *Revista Bibliográfica* del *Spectateur Militaire*, perteneciente al mes de Diciembre último, tomamos el siguiente artículo sobre la aplicacion de los caminos de hierro en campaña, traducido del aleman:

«El *Spectateur* tiene ya publicados una série de estos artículos notables, traducidos del aleman por el Capitan de Estado Mayor M. Costa de Serda, sobre el punto de vista militar de los caminos de hierro. Hoy da cuenta de un nuevo trabajo traducido igualmente de aquel idioma.

Esta cuestion del empleo de estos caminos en una campaña, es bien moderna y ha tomado ya, sin embargo, una grande importancia. Nada de lo que se dirija á ilustrarla debe despreciarse. Es preciso leer, estudiar, comparar todo lo que se escribe sobre este asunto, y llegar á formar un cuerpo de doctrina de aplicacion práctica y fácil.

Todos los que han estudiado, ó solo leido la historia de las guerras que han tenigo lugar hace diez años, han comprobado la notable parte que los caminos de hierro han sido llamados á representar en ellas. Los últimos sucesos militares, presentan fecundos ejemplos del empleo de los caminos de hierro en las operaciones de la guerra, y se ha hecho constar que si en la paz se les compara á las artérias por las que circula la vida en el organismo de una nacion, en la guerra son los nervios por los que se mueven sus ejércitos.

Pero si todos están de acuerdo en este principio, el modo de emplear estos poderosos medios de circulacion y la organizacion de su servicio para la guerra, están lejos de hallarse completamente determinados. Se escribe, se estudia, se discute; en Alemania se avanza á todos en estos estudios. Es preciso confesarlo sin avergonzarse; debemos tomar lo bueno donde se encuentre, y la libreria *Du maine*, rue et passage Dauphine, 30, Paris, acaba de rendir un verdadero servicio al ejército publicando la traduccion de esta obra.

Ella comprende tres secciones y un apéndice. La primera

trata de las ventajas que proporcionan los caminos de hierro, bajo el punto de vista de la rapidez de los movimientos y conservacion de las tropas, y hace resaltar la superioridad de este medio de trasporte sobre los ordinarios. La segunda se refiere á las operaciones de la guerra relativas á los caminos de hierro; su destruccion y su recomposicion, ataque y defensa de las vias férreas y de sus estaciones. La tercera enseña la utilidad de una institucion permanente de divisiones militares de caminos de hierro durante la paz, y propone las bases con arreglo á las que podrian formarse estos cuerpos especiales. El apéndice comprende consideraciones generales sobre reconocimientos de estos caminos bajo el punto de vista militar y sobre las modificaciones probables que el uso de estos medios de locomocion traerá en el porvenir en la direccion de las operaciones de una campaña.

El gran mérito de esta obra, á juicio del *Spectateur*, es que su autor no se deja arrastrar por especulaciones teóricas de pura fantasia.

Constantemente emplea el sistema de la prueba histórica. No formula un precepto, no fija un principio, sino despues de haber relatado los hechos que pueden lógicamente traerlos. La guerra de Italia de 1859, la de Dinamarca, la de Alemania de 1866, y sobre todas la de separacion de los Estados-Unidos de América, le suministran numerosos ejemplos. Solo despues de haberlas metódicamente espuesto, deduce las consecuencias que parecen permitir.

Tal vez este autor fije una importancia demasiado grande á los caminos de hierro, ¿pero es positivo que estos medios de comunicacion representarán en adelante su papel en todas las operaciones de campaña donde ocurran? Nunca se estudiará bastante su empleo y su servicio al punto de vista militar. Por este título merece este trabajo una séria atencion. Sus lectores hallarán en él instrucciones interesantes y útiles, preceptos que se pueden discutir, pero cuya discusion ha de ser prove-

chosa; por último, las bases de un estudio que se entrega á las meditaciones del mundo militar, y sobre el que no se tiene gran riqueza de obras didácticas.

CAMPAMENTO DE TOIANO EN ITALIA.

Las tropas destinadas á este campo llegaron á él en los primeros dias del mes de Julio del año último, y ocuparon los distintos sitios y los cantones que tenian designados.

Este campo se halla en Toscana, se abrió por primera vez en Junio de 1864, está situado en el delicioso valle de Chiana al pié de las colinas de Creti y de Toiano. Laderas cubiertas casas de campo en medio de llanuras frondosas, el Monte-Cortone con su castillo feudal, los pueblos de Bettole y de Pozzo forman un animado circuito y le dan un aspecto agradable que no ofrece el de Chalons en el árido y sombrío terreno de piedra caliza de la Champagne.

No lejos de este sitio, en Trasimeno, el Cónsul Flaminio y Aníbal se encontraron.

La Infantería está en tiendas de campaña. Constaba este año de dos regimientos de granaderos, cuatro de línea y dos batallones de cazadores.

El regimiento de caballería de Saboya estaba acantonado á algunas millas de distancia, lo mismo que la artillería, ocupando las granjas próximas.

Lluvias terribles contrariaron á las tropas á su instalacion en el campo, pero despues se ocuparon en sus trabajos.

La distribucion del tiempo era la de Chalons; diana al tiro del cañon y policía al romper la aurora; el café, maniobras, hasta las ocho; por el dia servicio interior y escuelas de oficiales sobre tácticas.

El trato material del soldado italiano se puede comparar al del francés por los datos relativos á sus haberes y raciones.

La racion de pan de 735 gramos ó de galleta de 150: de carne 200 gramos: de pastas ó arroz 150: alternando, etc.

Los oficiales están autorizados á tomarlas de la Administracion Militar, satisfaciendo su pago.

Para acostarse los soldados se les daban 10 kilógramos de de paja que se renovaba todos los meses con un suplemento de 5 kilógramos al cabo de quince dias. Los oficiales tienen derecho á un gergon de 20 kilógramos, un par de sábanas y una manta. Cuando la guerra de Crimea, en el campo del Norte, muchos de los oficiales italianos hubieran sido muy favorecidos con ella! Les hacia entonces 15 grados bajo cero.

El objeto principal de la formacion de este campamento, ha sido ensayar el nuevo fusil que se carga por la culata y ejercitarse en la táctica de las nuevas maniobras.

Este reglamento se ha redactado en virtud de los progresos del nuevo armamento y de las modificaciones que por este motivo deben sufrir los movimientos tácticos. En él se considera el fuego de la fusilería como la verdadera fuerza de la infantería. Se consigna desde luego que el que dispare sin distinguir al enemigo, ó sin tenerle al alcance de su arma, con precipitacion y sin apuntar, es un cobarde y un mal soldado y merece ser duramente castigado.

Los movimientos complicados son desterrados y rechazado definitivamente el principio de las inversiones. Los pelotones y secciones distintas deben indiferentemente maniobrar con derecha ó izquierda en cabeza.

Se recomienda emplear las columnas de compañía y suprimir como inútiles otros movimientos, como á retaguardia por la derecha en columna, volver á la derecha para marchar á la izquierda, frente á retaguardia, sobre la derecha por filas en batalla y los cuadros huecos.

La columna contra la caballería, (el sólido) siendo la for-

macion más sencilla y más rápida cuando un batallon está en columna, debe bastar para rechazar á la caballería. Cuando el batallon se halle en batalla, las nuevas armas admiten recibirla sin formar el cuadro.

Se suprimen los oblícuos. Se hallan autorizados todos los oficiales á presentar sus observaciones y sus proyectos de mejoras. Se ha simplificado el manejo del fusil y se ha creido preferible en las formaciones de batalla dejar los guias en la fila y trazar las líneas con oficiales jefes de seccion solamente. De estos ejercicios, oficiales y soldados sacarán un gran partido.

Independientemente de estos ejercicios ordinarios y de detalles, se ejecutan grandes maniobras. El General Bexio, Jefe del campo, ha mandado algunas.

Las maniobras y táctica de caballería, objeto hoy de tantas cuestiones, deben ser tambien revisadas y corregidas. Un campamento se formó con este objeto en Pordenone en Agosto último, y se levantó en Setiembre. Cuatro regimientos de esta arma y uno de artillería, era la fuerza reunida en dicho sitio y lo mandaba el General Forest.

Importantes resoluciones se han dictado por el Ministerio de la Guerra de Francia para la instruccion de las tropas en grande escala en este año. Como el año último, Chalons tendrá dos séries y tambien irán tropas al campo de Lannemezan, Pas-des, Lanciers y Saint-Maur. Se espera que los Generales Montauban y Troissard mandarán los campamentos de Chalons, el primero de los que se inaugurará el 15 de Mayo, y el segundo el 15 de Julio. Cada uno se compondrá de tres divisiones de infantería y una de caballería. El campo de Saint-Maur, cerca de Vincennes, se abrirá el 15 de Abril, y está destinado para la instruccion de la Guardia imperial y ejército de París, y para la mayor parte para la práctica de las armas rayadas, pues

desde la aceptacion de esta nueva arma por infinidad de causas se ha reclamado por temor de accidentes. Se ha acordado que á siete batallones de cazadores, á 28 regimientos de línea y 30 de artillería á caballo se les dará una instruccion práctica militar en Chalons y Lannemezan, y un batallon de cazadores y nueve regimientos de infantería de la Guardia con tres batallones de cazadores y doce regimientos de infantería de línea en Saint-Maur y la artillería de Vincennes. Se ha asegurado que un número de oficiales de la Guardia móvil será llamado á seguir la instruccion en los campos y que se concederán á todos particulares facilidades. En este año de 1869, dos terceras partes del total del ejército francés, habrá recibido una instruccion práctica en los campos con el fusil Chassepot.

MISCELANEA.

Del *Spectateur Militaire*, perteneciente al 15 de Diciembre último, y de un artículo de M. X. Scol, tomamos los siguientes curiosos datos sobre el número de bajas que por muertos, heridos ó desaparecidos han tenido en la campaña de 1866 los ejércitos prusiano y austriaco y por los que se ha cambiado al ejército francés el fusil ordinario que tenia por el de aguja.

Fechas.	Sitios de los combates.	Número de muertos, heridos y desaparecidos.		Relacion de pérdidas.
		Prusianos armados con fusil aguja.	Austriacos con fusil de baqueta.	
26 Junio.	Podol.	130	1052	1 por 8
27 Junio.	Trautenan. . . .	1338	5782	1 por 4
27 Junio.	Nachod.	1122	7510	1 por 7
28 Junio.	Munchengrätz..	357	2000	1 por 6
28 Junio.	Soor.	713	3572	1 por 5
28 Junio.	Skalitz.	1375	5899	1 por 4
28 Junio.	Citschin.	1553	7000	1 por 5
3 Julio.	Koeniggratz. . .	9153	44.200	1 por 5
Totales en ocho encuentros. .		15.741	77.015	1 por 5

Esta proporcion existe en las pérdidas de ambos ejércitos en todos los combates, habiendo quedado los austriacos dueños del campo sólo en Trautenan.

Si las armas de fuego hubiesen sido igualmente buenas de ambos lados, la proporcion de las bajas hubiera sido ya con ventaja para el uno ú otro ejército, pero en todos los combates lo fueron cinco veces mayores para los austriacos. No puede atribuirse á otra razon esta baja sino á la inferioridad del armamento de los últimos. De estos hechos provino la necesidad para todas las naciones de cambiar sus armas á riesgo de no sufrir desastres parecidos á los que sufrió el ejército austriaco-sajon.

La opinion favorable que se tiene del valor de este ejército, no recibe ningun ataque por estos reveses. Análogamente sucedió en el siglo XVI cuando los Mejicanos con sus arcos y flechas tuvieron que rendirse á Cortés por no poder resistir á las armas de fuego de sus soldados.

A consecuencia de esta guerra, el Gobierno francés se ha ocupado tambien de la mejora de sus plazas de guerra, reconociendo que los progresos de la artilleria obligan á variaciones importantes en la naturaleza y forma de las fortificaciones, hallándose el arte de fortificar en dependencia de el de la artillería.

Habiendo adquirido esta arma en estos años últimos una poderosa superioridad sobre la del siglo XVII y XVIII, y siendo de esta época la mayor parte de las plazas de Francia, se comprende bien cuánto deberá ejecutarse en ellas. Deben indispensablemente alejarse las primeras baterías del sitiador de una plaza rodeando esta de un recinto de otras destacadas, construidas á tres ó cuatro kilómetros del glácis, protegiéndose unas á otras cruzándose sus fuegos. Señalaremos además que los trabajos de defensa emprendidos por un Estado en su territorio, lejos de ser amenazadores para sus vecinos, contribuyen á la conservacion de la paz, puesto que ellos procuran á los que los emprenden garantías contra las invasiones de ambiciosos vecinos.

Del *Journal des Armes Speciales et de l'Etat-Major*, francés, tomamos las siguientes noticias militares:

En *Rusia*. Una Comision encargada de tratar la cuestion de los proyectiles esplosivos, há tenido tres sesiones, presidida por el General Miluitine. Prusia, Austria, Baviera, Wurtemberg, Francia, Bélgica, Gran-Bretaña, Paises-Bajos, Dinamarca, Grecia, Italia, Portugal, Persia, Rusia, Suecia y Turquía, se han hecho representar en ellas y los comisionados han firmado el protocolo. Se ha resuelto que las naciones renunciarán en lo sucesivo en las guerras por mar y tierra á servirse de proyectiles esplosivos cuyo peso sea menor de 400 gramos. Esta obligacion cesará para una de las partes en cuanto la contraria la haya quebrantado.

Grecia. Las esperiencias hechas en el campo de Adamas con los fusiles Chassepot, han fracasado completamente. El diario que dá cuenta de ellas, dice que ó bien la fama de esta arma se ha exagerado, los instructores no saben servirse de ellas, ó los Oficiales encargados de su adquisicion en el estranjero las han recibido de mala calidad. Probablemente habrán existido las tres causas. Este reino há comprado 15000 fusiles Remington. Es de temer que no lo hayan hecho mejor, pues se dice que estos fusiles fueron rechazados por el gobierno austriaco como malos.

Wurtemberg. Cuando se varió el uniforme á las tropas de caballería en 1864, recibieron una gorra de cuartel en lugar del kepi que usaban. Esta es más ligera, más cómoda, pero tiene como el kepi el defecto de no proteger sino muy insuficientemente de los golpes del sable. En la campaña de 1866 se há visto cuán importante era para la caballería una cubierta de cabeza que la proteja, pues en ella hubo frecuentes combates de esta arma. El 26 de Julio de este año, tuvo lugar uno en Hettstaelt. Veinte escuadrones bávaros y prusianos combatieron en él. Entre ellos habia ocho de coraceros bávaros. Solo

tuvieron un Oficial y dos soldados muertos, y dos de los primeros y 25 soldados heridos. Un gran número de cascos y corazas estaban abollados por las cuchilladas prusianas, y se puede calcular qué pérdidas hubieran tenido si no hubiesen llevado aquellas armas defensivas. Despues de la guerra, se hán ocupado si se podria disponer, por ejemplo, con un aro de hierro la cubierta de la cabeza. Nada se ha encontrado ventajoso, y se decidió volver al casco de cuero, que ha sido adoptado para toda la caballería de línea. Este casco dura más que la gorra de cuartel, lo que le hace no ser costoso.

Sajonia. En muchos estados alemanes se ha disminuido la talla de los reclutas notablemente. En Sajonia, de 18.846 conscritos, sólo 4748 ó la cuarta parte tenian la exigida. Particularmente en los distritos en que se halla la industria más desarrollada, se nota este descenso.

Dinamarca. Se han hecho esperiencias de tiro en Copenhague con un cañon de 286 milímetros contra una plancha de blindage de 208. Esta tenia un espesor de roble de 468 milímetros, y por detrás una plancha de hierro de 26 milímetros; se habia hecho en la herrería célebre de Jonh Brown. Recibió tres disparos con la carga ordinaria de 25 kilógramos. La plancha fué agujereada y los proyectiles fundidos en Suecia se hicieron pedazos. Para ensayar la potencia de las granadas, se llenó con 7,5 kilógramos de dynamita un proyectil hueco que pesaba 210 kilógramos. Se hicieron primero esperiencias con el proyectil vacío. Empleando la dynamita, se trataba de ver si podia soportar sin estallar el choque que debia imprimir al proyectil la carga de pólvora. Al primer disparo la granada estalló en el ánima y rompió el cañon fundido que tenia zunchos de acero y pesaba 20 toneladas. La abertura habia llegado hasta la placa; el sitio donde estalló el proyectil estaba completamente roto, la culata y los aros de acero despedazados. Debe observarse que el ánima habia sido tan fuertemente estropeada ya por los tiros anteriores, que se temia una esplosion.

Bélgica. La Bélgica goza de su neutralidad en Europa con condicion de tener los medios de hacer respetar sus prerogativas. Por esta razon su ejército tiene que ser bastante numeroso.

Todos en esta nacion se hallan de acuerdo en esto; pero cuando se trata de señalar los fondos para ello, se reproducen las economías y con placer se rechazaria lo que parece escelente en teoría. Este país debe siempre hallarse en estado de impedir un conflicto entre sus vecinos. Con este objeto su ejército debe inclinar la balanza de un lado ó del otro. La plaza de Amberes no es suficiente, y es preciso para sostener la neutralidad, tener un ejército poderoso para hacerla respetar. En caso de guerra entre Francia y Prusia, ambas potencias pondrian en batalla cada una sobre 250.000 hombres; al frente de estas fuerzas basta que Bélgica forme 100.000 y ninguna de las dos contendientes se atreverá á destacar una tercera parte de su ejército para enviarlo á Bélgica. Así se hallará este país al abrigo de una invasion. El tiempo de servicio para la infantería se fijó en tres años y por economía se ha reducido á dos y medio años, no contando el tiempo preciso para su instruccion. La Comision central há propuesto 22 meses de servicio sin interrupcion, tres llamamientos de un mes cada uno durante los dos años siguientes y aumento de haber á los Sargentos, con las economías de esta disposicion. La guardia Nacional como reserva para la defensa de la pátria, se cree insuficiente.

Han tenido lugar esperiencias con un cañon de acero de Kroupp. Se han verificado en el polígono de Braschaet en Amberes del 17 al 24 de Noviembre último y estas han sido muy interesantes para la artillería. Han demostrado la superioridad notable, no solo de los materiales empleados por *Krupp*, sinó la de sus procedimientos de fabricacion. Todas sus piezas sin ninguna escepcion han hecho fuego con precision y atravesado fácilmente las planchas del *Bellerophon* y del *Warrior*. Las velocidades iniciales medidas y las fuerzas de penetracion hán esce-

dido á lo que se habia observado hasta el dia. A consecuencia de estas esperiencias, el Ministro de la Guerra ha decidido armar todos los fuertes del Escalda de cañones Krupp, á los que *ningun buque* podrá *resistir*.

Prusia. La guerra de 1866 ha hecho patente que los abastecimientos de municiones de los ejércitos, eran insuficientes para tener las necesarias en el momento de las batallas. El Ministro de la Guerra, para señalar la cantidad de municiones que debe entregarse á cada cuerpo, há recogido los datos de las invertidas en esta campaña.

La infantería quemó siete cartuchos cada soldado, la caballería cinco: la pieza de á 4 tiró 87 disparos en el 1.er ejército del *Elba*, 44 la del 2.º ejército y 89 el del Mein, mientras que la de 6 tiró 50, 24 y 31 disparos. El máximun de disparos por dia fué de 23 por cada soldado de infantería y 114 por cañon de de á 4. El aprovisionamiento de municiones era 60 cartuchos en la cartuchera y en el saco, 24 en el carro del batallon y 83 en el carro de municiones; además cada soldado llevaba 20 cartuchos y papel para fabricarlos con la pólvora y balas que se procurase por sí. La primera modificacion introducida despues de la guerra fué la supresion de esta reserva de cartuchos y papeles, elevando de 60 á 80 el número de los mismos que llevaban en cartuchera y saco. Hoy cada soldado de infantería lleva 72, 21 la caballería ligera y 66 la de línea. Por consecuencia de las municiones que van en los coches ha habido un aumento de nueve tiros por hombre. En la artillería, la pieza de á 4 lleva un aprovisionamiento de 268 disparos, en vez de 226, y la de á 6, uno de 229, en lugar de 218.

En 5 de Setiembre tuvo lugar en Spandau, en la Escuela Militar, un tiro de ensayo al que asistió S. M. el Rey. Se ocuparon de comparar el fusil prusiano de aguja con las armas más notables por sus cualidades. Los resultados de este ensayo se espresan en la tabla adjunta.

Armas.	Condiciones del tiro	Número de armas ensayadas.	Número de tiros.	Número de blancos.	Un tiro exigido al segundo.	Blancos por 100.
Prusiano.	400 pasos de distancia al blanco. Siete hombres.—Duracion del fuego un minuto.	7	84	47	5	56
Chassepot.		7	79	22	53	28
Snider.		1	10	3	6	30
Remington.		1	14	9	43	64'3
Peabody.		1	13	9	46	68
Wanzl.		1	10	8	6	80
Herry Winchester, con 17 tiros en la culata. .		1	19	11	316	58
Wernell.		1	6	6	5	100

De ella se deduce: 1.° Que en cuanto á la rapidez del tiro existe poca diferencia entre todas ellas. 2.° Que las de repeticion ganan en rapidez á las sencillas. 3.° Que el Chassepot es notablemente inferior á los otros en cuanto á exactitud en el tiro. 4.° Que en cuanto á la precision del tiro llevan la ventaja los pequeños calibres y que la carabina Wanzl es superior á todas las otras.

El cañon de 14 kilógramos ha escedido á todas las esperanzas que se habian concebido. El 31 de Octubre atravesó no solo la plancha de 117 y la de 130 sino la de 156 milímetros, pero para esta última se aumentó la carga de pólvora.

Los proyectiles de fundicion endurecida de Grüson parecen llevar ventaja á las granadas de acero fundido. En el último tiro se hallaron intactos detrás de la plancha muchos proyectiles Grüson que la habian atravesado. Como además la potencia esplosiva de estos proyectiles es muy grande, deben emplearse

en vez de los de acero fundido que son más caros. Por lo demás deben hacerse otras esperiencias, pero el resultado no es ya dudoso.

LA AZADA DE INFANTERIA.

La guerra de los Estados-Unidos há proporcionado muchas ocasiones de someter á pruebas de la práctica distintas cuestiones técnicas que interesan al arte de la guerra. Con indicar solo las armas cargadas por la culata, los blindages, las señales, caminos, etc., nos basta para mostrar cuánta influencia esta guerra há efectuado sobre las aplicaciones técnicas á la práctica en los distintos servicios de una campaña.

Particularmente en lo tocante á fortificacion es donde ha sido lo más interesante. No nos detendremos sobre las fortalezas ni aun sobre la fortificacion de campaña; solo se trata de la pasagera, que ha tenido tal importancia en dicha guerra, que se ha dicho se ha llevado á cabo más con la azada que con el fusil. La importancia de la disposicion del terreno, bajo el punto de vista táctico, no era solamente apreciada por los Generales sinó que era un artículo de fé para todos los Oficiales y para los soldados. Sin que se les mandáse, y como una necesidad creada por las circunstancias, los soldados para fortificar su puesto sobre el campo, levantaban defensas siempre que el tiempo se lo permitia. Ordinariamente no tenian ni azadones y se servian de sus ollas y aun se les ha visto valerse para ello hasta de sus manos.

Hácia el fin de 1864, se ocuparon en el Norte de proveer á la infantería y sobre todo á los destacamentos, de azadas ligeras. Las tropas del General Grant las tenian todas; á pesar de su ligereza eran poco cómodas para llevarlas por su largo mango, por lo que terminada la guerra no han vuelto á ocuparse de azadas para la infantería. La guerra de América, sin embargo, ha pues-

to en evidencia la utilidad y aun la necesidad de la azada; se trata hoy de darle una forma que permita al soldado llevarla sin inconveniente. Creemos muy ventajoso que reciba este problema una solucion pronta y favorable. El modelo siguiente ha sido propuesto por un Oficial danés. La longitud total, comprendido el mango, es de 52 centímetros, y pesa 600 gramos. La hoja es de acero fuertemente templado y sumamente sólida, como se demostró con las pruebas á que se la sometió.

Las proporciones son próximamente las del pico del soldado de Ingenieros de largo mango: es cerca de $\frac{1}{7}$ de la de este y es un poco difícil de manejar. En menos de diez minutos un hombre puede cavar una zanja en la que puede ponerse de rodillas y estar cubierto del fuego de los tiradores enemigos y en cinco unirse los emplazamientos de cada uno entre sí.

Ambos lados de la azada pueden ser cortantes. Puede servir de hacha, ó estando uno dentado, de sierra. Habiéndose hecho esperiencias con esta sierra, aunque inferior en sus efectos á una ordinaria, se ha visto puede prestar grandes servicios para cortar ramaje, montes bajos y palizadas.

Este útil se lleva muy fácilmente; su mango, corto, encorbado hácia el terreno, no incomoda absolutamente. La hoja ó plancha cóncava de la azada se aloja en un estuche de cuero; colocándola en tierra, puede servir para sentarse y para protegerse del contacto del terreno.

Un arma blanca viene á ser inútil al individuo provisto de esta azada y se puede tambien sin inconveniente suprimirse el sable-bayoneta ó á lo sumo podria conservarse una bayoneta ligera que serviria para el combate tan raro al arma blanca, y que no aumentaria el peso al soldado desembarazado de su sable.

Todas las tropas danesas deben ejercitarse este año en el manejo de esta azada.

De la *Revista Militare Italiana* tomamos el siguiente artículo:

SOBRE ATRINCHERAMIENTOS DEL CAMPO DE BATALLA.

El título con que encabezamos este artículo, comprende una de las cuestiones militares que, como se acostumbra á decir, están á la órden del dia. En realidad, no pertenece únicamente á la época presente el ocuparse los militares de convertir por el arte, en una más fuerte posicion, la de un campo de batalla; es por el contrario este un asunto muy antiguo y estampado en muchos artículos de la profesion y puesto en práctica en no pocos combates desde los tiempos más remotos hasta nuestros dias. No es por lo tanto nuevo: hasta el dia, sin embargo, la fortificacion se dirigia sólo á disponer una posicion ya determinada dándole mayor resistencia, pero hoy parece que está llamada á tomar un carácter más general y más activo que no ha tenido hasta el presente. Ya no lo está sólo para preparar una posicion en la que se cree tener la seguridad de hallar al enemigo, sino que debe estenderse su accion á prestar su ayuda en el mismo instante del combate, preveyéndose que no siempre se puede saber cuál será el campo de batalla, sino por el contrario, que un ejército se hallará en el caso de pasar del órden de marcha al del combate sobre un terreno no preparado, pero ni aun siquiera conocido.

Por el alcance de las nuevas armas, cuya eficacia por todos está reconocida, así como por la necesidad de dar á todos los órdenes ó formaciones un desarrollo mayor, porque de este modo se encuentra la posibilidad de hacer menos mortífero el fuego enemigo y de dar á las armas propias todo el efecto que pueden producir. Con esto queda entendido que los cazadores se aprovecharán de todos los accidentes que el terreno presente, mientras las tropas aun no empeñadas en la accion debe procurarse estén en posiciones ocultas para hallarse intactas en el instante oportuno. Es además indispensable que la artillería no esté espuesta á ser diezmada por los cazadores enemi-

gos, produciéndose bajas en los sirvientes cuando la posicion que ocupa no esté protegida por una masa cubridora. En fin, procurar herir sin ser herido.

Esta necesidad de todos, debe ser sentida aplicando los medios que en el pasado contribuian á la propia defensa, y procurar á las armas propias las condiciones más favorables para su completo empleo, debiendo llevarnos á pensar en los modos de preparar el sitio del combate de suerte que satisfaga á esta importante exigencia: los medios que cada uno puede suministrar para aminorar ó paralizar los efectos de los tiros enemigos. No sin fundamento, de aquí vemos escitarse la opinion cuando se trata de la coraza *Muratori*; aun los que en otro tiempo nos sonreiamos de resucitar este invento, no podemos menos de ocuparnos de él y hacer votos porque sus ensayos fuesen coronados de éxito. Todos sentiríamos cierta sorpresa si halláramos una prenda ó cubierta que hiciese al soldado de infantería invulnerable á los disparos del enemigo, y como ésta, de naturaleza esencialmente defensiva, diese á la ofensiva una decisiva ventaja. Pero por las tropas se entendia que esta era una especie de armadura defensiva que solo podia servir á este fin, no dándole proporciones tales, que no hiciesen insoportable su peso.

Entretanto y hasta que las pruebas ensayadas nos dejen intentar el dar un paso avanzado sobre la ya debatida coraza y se pueda aproximar á hacerla sencilla y ligera, busquemos en la fortificacion de campaña lo que podemos aplicar en tiempo reducido y durante el momento mismo del combate. Este es el problema que hoy suministra el tema de más discusion y esperiencia. Poco tiempo hace vimos hacer un cambio á todos los diarios por un artículo de la *Correspondencia de Berlin*, en el que se esforzaban en prever el carácter que tomarán las futuras guerras á consecuencia de los progresos técnicos de todo género de que un ejército puede hoy valerse. «Contando las noticias de distintos campos de maniobras, vosotros, asi decia, la

próxima gran guerra tendrá sin duda un carácter muy distinto de las anteriores europeas. Por todas partes la formacion rápida de posiciones atrincheradas, tendrá una importancia hasta ahora desconocida.»

Ciertamente no creíamos se necesitasen más palabras para demostrar la necesidad que todos sentimos. Sin embargo, admitida esta necesidad en principio, no está con ella resuelta la cuestion; si tratamos de ver hasta qué punto se puede completar el objeto y cuáles son los medios más oportunos. Es decir, definir cuáles serán los trabajos que se presentarán sobre el campo de batalla y qué tropas deben ejecutarlos, si la masa numerosa de la infantería ó el arma de Ingenieros.

La solucion de esta segunda cuestion importa con respecto á la primera; pues si se determinase el conferir estos trabajos á los segundos, no se tendria que completar su instruccion por este servicio, en atencion á que llamado segun los acontecimientos á prestar sus propios trabajos, lo verificará del modo más conforme á las circunstancias. Pero si se creyese más conveniente el dejar á la infantería encargarse por sí de su propia defensa, ya por la primera línea de cazadores ó aun por la reserva, seria en esta ocasion muy importante señalar bien el límite de la instruccion que deberia designarse á este fin, para que no escediese de la justa, ni desmereciese, ni fuese escesiva: para ello deberia instruirse al soldado en ejecutar todos aquellos trabajos que seguramente pueden hacerse sobre el campo de batalla, pero no otros, para que no tengan que perder otra instruccion y se evite el peligro de dar á los citados trabajos una estension que fuese más perjudicial que ventajosa.

No es de este momento por nuestra parte procurar ahora la solucion de este problema. Nos es suficiente el haberlo propuesto, en tanto que, veremos quiénes se ocuparán desde hoy de ejercitar las operaciones necesarias al terreno de un campo de batalla, adoptando en los diversos criterios, prefiriendo los unos encargar este trabajo á la infantería y los

otros á los Ingenieros; pero sin que ni estos ni aquellos manifiesten el motivo de la preferencia.

Los trabajos que en este año tendremos en Italia y en otras partes, al menos nos harán verificar ajustadas esperiencias en resolucion de indicar al arma de infantería á la superioridad ó estabilidad del asunto de uno de los dos sistemas. Pero es, sin embargo, fácil observar que por el Cuerpo de Ingenieros ya se puede saber á qué atenerse; el que dá lo más puede dar lo menos; seria muy útil conocer la cantidad de trabajo que en un tiempo dado podria ejecutar una fuerza que no estaba ejercitada en ellos. Este es positivamente un elemento preciso para decidir bien la cuestion, pero no el único. Con esperiencias podremos probar que la infantería que hoy recibiese una instruccion acertada podia en poco tiempo adquirir la aptitud para llevar en campaña con suficiente rapidez los trabajos de trinchera. Sin embargo, es preciso informarse de qué manera se habia de proveer en campaña al trasporte del material necesario para estos trabajos. Ciertamente aunque los útiles que usan los Ingenieros se creyesen adaptados al objeto, convendria, sin embargo, pensar en aumentar el número de carruajes; lo que no podria menos de considerarse como una grande impedimenta, hoy principalmente que se estudian todos los modos de aligerar y disminuir los carruajes; impedimenta que será tanto mayor, si se tiene presente que los carros destinados al trasporte de este material deben necesariamente seguir de cerca las tropas, visto el objeto á que se destinan. Añádase á esto, dificultad que se encontrará al repartir los útiles á la tropa, de la que cada uno puede fácilmente darse razon.

Por todas estas consideraciones, parece que cuando sea la infantería la que deba ejecutar los trabajos de fortificacion del combate, no se podrá verificar á menos de dotar al soldado de los útiles para ello. Siendo tambien cuestion importante aliviar al soldado de su peso de todos modos, para poder contar en el instante oportuno con toda su fuerza física; de aquí la preci-

sion de que el equipaje de que debe habilitársele deba ser el más ligero y cómodo posible, pero suficientemente sólido y resistente para responder á su destino.

La resolucion de este problema, fué intentada en Dinamarca por el Capitan Linnemann, el que proponia una especie de azada con un mango de madera de poco más de medio metro, y su peso de tres cuartos de kilógramo. Se lleva con el mango hácia abajo, dentro de una funda que cuelga del cinturon. La forma de la hoja es un poco cóncava y permite el exacto adaptamiento al flanco del individuo, sin incomodar en la posicion de acostado, presentando de esta manera al soldado un apoyo y un recurso, y en la de arrodillado no le incomoda nada.

Esta azada puede llevarse al mismo tiempo que la bayoneta, siendo inútil completamente todo sable ó machete: si además tiene un lado bien afilado puede servirse de ella como arma blanca y para cortar leña por el otro lado; hallándose dentada, se le presentarán ocasiones en que emplearla en distintos servicios.

Las esperiencias hechas con este instrumento por los ingenieros daneses, han hecho constar que en condiciones las más desfavorables, como han sido en terreno duro y pedregoso, los resultados alcanzados han sido cerca de los $\frac{2}{3}$ de los que se obtienen de los de una azada ordinaria; pero que en las ordinarias, y con gente instruida en su uso, no hay sensible diferencia, si bien la del ingeniero es mucho más sólida y pesada. En terrenos blandos, un hombre en 5 ó 7 minutos cava lo suficiente para cubrirse del fuego enemigo; en 5 y 8 minutos pueden reunirse y formar una trinchera ó foso á propósito para proteger suficientemente una linea de batalla.

Análogos resultados llevaron al Ministerio de la Guerra en Dinamarca á repetir las esperiencias en más estensa escala y no es improbable que estos darán resultados no inferiores á los primeros y toda su infantería se arme de esta defensa.

El que despues de batallas no previstas ó de un combate,

sea posible á la vanguardia, cambiarse en una linea de cazadores, cavar esta trinchera y elevar este parapeto á su debida altura, y mientras tanto ya esté distante la fusilería, es asunto bastante problemático. Lo que será más fácil al grueso de las tropas y especialmente á la reserva; pero es, sin embargo, fácil observar que en este caso vale más recurrir á los trabajos de las tropas convenientemente organizadas para este objeto.

Y ¿por qué no? ¿por qué no se ha de aumentar los Ingenieros á la altura de una verdadera cuarta arma? Porque no se les ha de proporcionar las ocasiones de hacer sentir sus trabajos sobre un campo de batalla, de distinguirse demostrando su especial aptitud, tomando parte activa en los combates. Si pensamos que todo este grande edificio de un ejército organizado no tiene razon de ser sino en vista de aquellas pocas jornadas en las que se deciden la suerte de las naciones, ¿no tendremos nosotros buen sentido para informarnos si la parte reservada á los Ingenieros en esos supremos momentos sea aquella que tanto conviene á los que forman una parte pequeña, es verdad, pero escogida de este ejército? Es positivo que el personal de este cuerpo se presenta á demostrar sus conocimientos cuando se trata de una guerra de sitios: pero no parece que sean de esta clase las que hoy serán más probables y la parte en estos destinada á los Ingenieros es completamente secundaria. ¿No seria la ocasion de que esto cesase? Ahora particularmente que el elemento técnico tiende á invadir todos los demás del arte militar, ¿no seria el momento de dar más ancho círculo de operaciones á las tropas del ejército de dicha arma y hacer contribuir tambien á ella en justa proporcion á las acciones finales que forma precisamente segun hemos dicho el objeto de la institucion de los ejércitos? ¿Por qué no hacer tomar parte á ella igualmente como fuerza combatiente en las batallas?

Es cierto que de resolver en este sentido la cuestion de los atrincheramientos sobre el campo de batalla, será preciso dar á los Ingenieros un desarrollo bastante mayor y una organiza-

cion algo distinta, ó por lo menos modificar el modo de señalar á esta arma la unidad táctica. Nunca será esta una disminucion de su fuerza combatiente sinó un aumento: puesto que ninguna prohibicion existe de que los zapadores tomen parte activa en toda accion, defendiendo ellos mismos los atrinheramientos que han levantado. De esperar es tambien que la defensa será tenaz y activa por el natural sentimiento de que aquella que se defiende es la obra de sus esfuerzos. Con este nuevo empleo que se asigna á los Ingenieros, convenientemente aumentados, se obtendria igualmente el poder emprender muchos otros trabajos que pueden sobrevenir en campaña y en los que hasta ahora no se podia pensar tomára parte con tanta escasez de personal (bien que formasen parte de las operaciones que eran pedidas á dicho cuerpo en campaña) y de las que no podiamos seguramente encargarle á la infanteria, á menos de variar convenientemente la naturaleza de esta arma. Tales son las fortificaciones preparadas de algunas posiciones importantes, el restablecimiento de las propias comunicaciones, tan generalizadas ya las férreas, como tambien la destruccion de las del enemigo, sobre campo estenso de batalla, para otros trabajos de trinchera para los que seria más propia que la infantería para destruir los obstáculos interpuestos por el enemigo para avanzar nuestras columnas de ataque; obstáculos que bien frecuentemente exigirán el empleo de medios especiales y que para tomarlos por todos modos, no seria en verdad prudente emplear la misma tropa que los debe superar.

Repetimos no ser nuestro pensamiento perjudicar la solucion del problema más bien en un sentido que en otro, sinó solamente poner en claro que dicho problema es susceptible de la debida solucion, ó aun á lo sumo si se llegase á reconocer que fuese mejor seguir un sistema misto que tuviera de lo uno y de lo otro. No será sinó despues de numerosas esperiencias comparativas, hechas de tal suerte que comprendan la cuestion en toda su estension; no será sinó despues de una viva dis-

cusion, en la que tomarán parte las personas más competentes del arte, si se podrá con resolucion y fundamento adoptar un sistema mejor que el otro; y no podrá ser posible que se fije un juicio ó decreto definitivo, como no lo es sinó despues de algunos tiros de ensayo que por lo general puede asegurarse estar bien apuntado.

De cualquiera manera que se quiera pensar, es lo positivo que una decision es necesaria; y cualquiera que esta sea, parecerá indudablemente tambien ser de aquí en adelante la ocasion de dar al elemento facultativo en la guerra y á lo que representa en la milicia, mayor importancia, mayor desarrollo. Por él y solo en este sentimiento se funda que la célebre sentencia *saber es poder* reciba una aplicacion desde que evidentemente se procura que una fuerza, no solo virtual, sinó efectiva, ponga en progreso todos los principios descubiertos de la ciencia. Puesto que el ejército está formado, no nos cansamos de repetirlo, para el dia de la batalla es preciso y es justo que en tal momento todas las armas que constituyen este ejército contribuyan con su especialidad, desplegando todo el poder de su propia fuerza para el resultado final, que es la victoria.

De la *Illustration militaire, journal des Armées de terre, de Mer et de la Garde Nationale Mobile* de 26 de Marzo último, tomamos el siguiente artículo sobre el *Estado del armamento de los Ejércitos de Europa durante el año* 1868, *bajo el punto de vista de las armas de fuego.*

«La *Gaceta de la Cruz*, de Berlin, órgano del partido militar prusiano, publica el siguiente artículo tomado de unas noticias militares alemanas y lo recomienda á la atencion de sus lectores.

»La fabricacion de las nuevas armas de fuego portátiles, em-

pezada á consecuencia de la guerra de 1866, ha sido impelida adelante con esfuerzos durante el año último de 1868.

»En el ejército de la Confederacion del Norte, se há seguido activamente ocupándose del fusil de aguja, con el que se han hecho pruebas. Los cazadores y los tiradores tienen todos el fusil modelo de 1865 y los zapadores el fusil de aguja de los mismos, procedentes de la transformacion de los fusiles modelos de 1854. Para el servicio de las plazas fuertes, se hán convertido en fusiles, cargándose por la culata, los antiguos fusiles rayados de percusion, de fabricacion del país ó estranjera, como los cogidos á los austriacos en la guerra. La caballería de línea prusiana usa hoy todavía la pistola de percusion, de cañon liso, mientras que la sajona usa una carabina rayada que se carga por la culata, pero que exige cápsulas.

»Los ensayos comparativos hechos en la escuela de tiro de Spandau, con los fusiles de los sistemas más conocidos, han comprobado que el de aguja puede entrar en competencia con ellos por la precision y rapidez del disparo, pero su superioridad para el tiro rasante, por su pequeño calibre, debe ser de un gran peso en la balanza.

»Hesse, Baden, Wurtemberg, hán armado sus ejércitos con el fusil de aguja, transformando los suyos antiguos del calibre de 0,53 en pulgadas del Rhin. Baviera no se ha atenido al fusil Podewits transformado por Linduer. Este último ejército habia conservado su antiguo fuego rasante, pero habia perdido su arma mucho de precision y daba frecuentes faltas. Es fácil que se adopte en este ejército el fusil sistema Werder.

»Austria no ha terminado aun la transformacion de sus antiguos fusiles segun el sistema Wanzl. El nuevo Werndl ha presentado desde el principio dificultades de fabricacion; pero han sido superadas y parece que sigue el curso de ella. En esta nacion, como en todas partes, la confeccion de los cartuchos metálicos presenta todavía obstáculos. Se ha renunciado nuevamente á la pólvora comprimida.

»La Francia ha resuelto el armamento de sus tropas con el fusil Chassepot desde el mes de Abril del año último, segun lo previene la órden del Mariscal Niel, pero solo se refiere al pie de paz. Aunque se ha hecho llamamiento á la industria del país y del estranjero, el armamento al pie de guerra, sin contar con la reserva, no puede considerarse como terminado. Las fábricas de Lieja no suministraron el año anterior sino 60.000 armas y solo en todo el actual creen poder llegar á la cifra de de 80.000. A pesar de los defectos que el mismo Ministro de la Guerra reconoce, estos fusiles, parecen, todo en cuenta, proporcionar un resultado satisfactorio. Para la Guardia Nacional móvil se destinarán los antiguos fusiles transformados segun el sistema Snider.

»La Italia, así como Rusia, han adoptado para la transformacion el sistema de fusiles de aguja. El fusil italiano se parece mucho al de fabricacion Dorsch y Baumgarten. En Rusia el nuevo armamento avanza lentamente y los fusiles cargándose por la culata, transformados segun el sistema Carlé, solo los tienen las tropas de la Guardia. Como nuevo modelo se han fijado en el sistema Berdan y parece que tienen ya 50.000 de estas armas.

»Hoy dia solo la Confederacion del Norte, Baden y Wurtemberg, pueden considerarse como poseyendo su aprovisionamiento completo de fusiles cargándose por la culata. Despues de estas naciones, Francia é Inglaterra se aproximan á ello. Todos los demás Estados se hallan más ó ménos atrasados en su armamento. En este momento y para algunos años es el sistema del fusil aguja el que predomina, pues ha sido aceptado por cuatro grandes naciones y muchos pequeños Estados (1).

---

(1) En España está adoptada la transformacion del fusil rayado, modelo de 1857 y 1859, para ser cargado por la recámara, segun el ingenioso sistema propuesto por Berdan y además se verifican numerosas esperiencias con varios fusiles modernos, tales como el último modelo del mismo Berdan, otro de Remington, perfeccionado por el Comandante del Cuerpo de Artillería de España Sr. Lasala, el Snider y algu-

»En lo que se refiere á la artillería de compaña, no tenemos que indicar para el año 1868 sinó pocas modificaciones materiales. Casi por todas partes se han dedicado á seguir la fabricacion segun el sistema adoptado. Inglaterra únicamente ha tomado el partido de cambiar su sistema de carga por la culata segun Armstrong, particularmente por lo defectuoso de su cerradura y se ha decidido á construir piezas de 7, 9 y 12, cargándose por la boca segun el sistema Witworth. Las piezas de cañon liso han desaparecido en todas partes de la artillería de campaña, escepto en la América del Norte que conserva aun obuseros de á 12 no rayados y puede ser que en España. La Alemania del Norte y la del Sur, han adoptado los mismos calibres (piezas de á 4 y de 6 que se cargan por la culata). La Bélgica ha seguido los mismos procedimientos.

»En lo que se trata de la construccion de afustes, existen muchas diferencias que señalar aun en el ejército de la Confederacion del Norte, pues la Prusia las construye de madera y la Sajonia de hierro. En Prusia y en Italia, la artillería de campaña no usa actualmente el tiro Sharapnell.

»Los cañones rewolvers, los que lanzan racimos de proyectiles, metrallas y otros efectos de guerra, cualquiera que sea su nombre, se hán ensayado por todas partes y dán sobre blancos, muy notables resultados á pequeñas y regulares distancias. Se los tiene en mucho para la defensa de desfiladeros y fosos. Sin embargo, escepto en Francia, en ninguna parte han sido adoptados y en esta nacion solo para el servicio de campaña.

»Repecto á la artillería de sitios, presenta hoy el mayor interés la cuestion de las corazas. Se puede declarar como un

---

nos otros más, para dotar al ejército de una arma nueva que reuna todas las condiciones de precision, alcance, facilidad de la carga y sencillez del mecanismo. Se han transformado de las primeras armas más de 30.000 y se sigue su transformacion, teniéndose parece acordado dotar á cierto número de individuos de los regimientos de infantería de las otras, para que ensayadas convenientemente en campos de instruccion, se pueda, si es ventajoso, proceder á la adquisicion de la que en más alto grado presente las más recomendables circunstancias.

hecho segun las esperiencias llevadas á cabo en Inglaterra, que las piezas de cañon liso, por fuerte que sea su calibre, producen notablemente menos efectos que las rayadas. Queda aun por decidir si debe preferirse el cargarse por la boca, como se hace en la actualidad en Inglaterra, ó si ha de verificarse por la culata como se hace en Prusia, Rusia y Bélgica. La cuestion del empleo del acero fundido se une íntimamente á la citada del modo de cargarse. Las fuertes cargas de pólvora ordinaria no dán proporcionalmente sinó un pequeño aumento á la velocidad del proyectil, mientras que resulta un aumento de presion de gases sobre el tubo de las piezas sin ventaja para la percusion. La velocidad inicial del proyectil, menos grande en la carga por la culata, ha podido hacer creer que se obtenia un efecto más grande en la carga por la boca.

»Desde que se sirve, en la carga por la culata, de la pólvora prismática, inflamándose ésta menos rápidamente, se ha podido sentar en principio que en los dos modos de cargar, el de por la culata produce, en calibre igual, un efecto superior. Las esperiencias hechas por los ingleses sobre las fortificaciones cubiertas de corazas, han presentado grande interés; el calibre de 12 pulgadas ha sido vencedor de las mejores corazas. Hoy los costados de los buques protegidos por planchas de 8 y de 9 pulgadas como las del buque de guerra inglés *Hércules*, no pueden segun las esperiencias resistir á las más pesadas piezas. Mientras Inglaterra construye cañones de hierro forjado, Francia y Suecia los construyen de fundicion, y Prusia, Rusia y Bélgica dán la preferencia al acero fundido. En Prusia los mayores calibres son actualmente de 9 y 11 pulgadas; este último solo ha sido hasta ahora ensayado. Para los proyectiles contra las corazas, concurren el acero fundido y la fundicion, la fabricacion de los primeros limitándose por su alto precio. Gruson los fabrica en Alemania y Palliser en Inglaterra. La fabricacion alemana se aproxima más á la del acero fundido, pues los proyectiles de fundicion de Gruson atraviesan las corazas sin

romperse regularmente, como sucede con el hierro de Palliser.

»Un importante problema para la artillería de plaza y de sitio consiste hoy en la colocacion segura en batería de cañones detrás de los parapetos, sin molestarlas en sus efectos. En Prusia se ha creido hallar la solucion, construyendo afustes más altos que dán una línea de tiro muy alta. El inglés Moncrieff se ha aproximado más al objeto, aunque su sistema de construccion sea muy costoso y el mecanismo muy complicado. En este sistema el cañon no está sobre el parapeto, sinó en el instante que se apunta y se hace fuego, de suerte que el artillero solo se halla espuesto un tiempo muy corto. Cuando el tiro se dispara, el retroceso lleva la pieza sobre un terreno más bajo al abrigo del esterior y puede volverse á cargar sin peligro.

»Se ensaya nuevamente la pólvora prismática, cuyo empleo parece ser de grande importancia, sobre todo para las piezas de artillería de sitio. Está formada de granos de forma prismática, teniendo cada uno 1 pulgada de alto, sobre 1 ½ de diámetro, con siete canales en la longitud. Cada grano de esta clase está formado por una fuerte reunion de pequeños granos de pólvora ordinaria.

»La conclusion que debemos tener de este artículo, dice la *Gaceta de la Cruz*, es que, á pesar de todos los esfuerzos, de toda la actividad empleada para llegar á la perfeccion, no se puede aun tratar de fijarse en ninguna de estas esperiencias. Tenemos que reconocer que no es aun posible prever en qué momento estos asuntos se terminarán definitivamente.

»Con un solo punto de vista particular y sin entrar en discusion con el autor del artículo espuesto, dice la *Illustration Militaire Francesa*, es forzoso afirmar que como los calibres más pequeños para los fusiles dán un tiro más rasante, el Chassepot lo lleva bajo este concepto sobre el fusil de aguja.»

EL FUSIL MARTINI-HENRY

Del periódico inglés *The Engineer*, de 12 de Marzo, tomamos el siguiente artículo:

«Todos los interesados en la eleccion de los nuevos fusiles deben recordar que el Comité especial de las armas cargadas, por la culata, fué nombrado en su principio por el Secretario del Despacho de la Guerra, para adjudicar los premios ofrecidos á la mejor arma y mejor municion que se presentára conforme al anuncio publicado en 22 de Octubre de 1866. Este anuncio indicaba un número de condiciones á las que las referidas armas y municiones debian sujetarse cumplidamente. El Comité estaba hasta cierto punto imposibilitado para elegir las que le pareciesen más eficaces, pues no estaba en sus facultades el permitir ninguna variacion de las formas y dimensiones señaladas por el departamento de la Guerra, por lo que desde el principio se desecharon de las oposiciones muchas de las armas presentadas. Estas fueron, sin embargo, cuidadosamente examinadas, y algunas que parecian ser buenas para alcanzar más detenido exámen, se separaron. Poco despues de esto, se ordenó por el Secretario del Depósito de la Guerra, que el citado Comité estendiese sus averiguaciones hasta el punto de decidir por sí mismo qué clases de armas debian recomendarse ó adoptarse para el servicio. No estaban, por lo tanto, limitados por estrechas condiciones á ningun principio particular; y como sus anteriores trabajos habian terminado con la adjudicacion de los premios, la Comision, en la decision de la eleccion de las armas, era completamente libre y estaba autorizada para examinar los pasos que deberian dar por resuelto el armamento que les ocupaba. Debe recordarse, y sentimos decirlo, que algunos dieron pruebas de sentimientos nada nobles en esta ocasion; que el Comité, por ningun concepto, estaba obligado á aceptar tal sistema ó tal otro en su conjunto,

es decir, que no le estaba cohibido hacer tal adquisicion que creyera juiciosa por cualquier mecanismo de la culata ó de combinar los mejores inventos de dos ó más sistemas en un conjunto superior á todos, siempre que el inventor de cada detalle recibiese su parte de elogio. La obligacion del Comité era sencillamente elegir ó recomendar un arma, la mejor, y que á su parecer fuese la más á propósito á la necesidad nacional, y mientras ha obrado de buena fé en declarar algun invento de mejora, siempre que su autor haya sido premiado, no puede acusársele por los medios con que haya llegado á esta determinacion. El Comité se hallaba en completa libertad de inventar un fusil de su esclusiva invencion, si por este medio creia podia producir alguna arma superior á las presentadas á él, pero si comprendia que esa invencion ó algun detalle de ella habia sido anteriormente inventada, estaba precisado á reconocerlo.

Las pruebas que no habian sido terminadas no hacia mucho habian demostrado cumplidamente que en la construccion de los fusiles cargados por la culata, se habia dado al proyecto y construccion del mecanismo de la culata mayor atencion que á la precision del tiro del arma. Era igualmente evidente que el sistema de cerrar la culata por algun mecanismo, no afectaba la certeza del arma, siempre que se empleara un estuche de metal para caja del cartucho de suficiente dimension para la carga usada. El Comité, por esto, decidió que la cuestion del estriado, diámetro del calibre, peso y descripcion del proyectil y carga, serian fijados independientemente, y habiéndose decidido definitivamente en estos puntos la eleccion de un mecanismo de culata, podria hacerse más fácilmente. Esta disposicion era muy conveniente, y fué acordada por la dificultad que se encontraba de comparar con exactitud varios sistemas, cuando cada uno de estos llevaba probablemente un cartucho cuya longitud se diferenciaba de los demás usados con los restantes.

Numerosos testigos, y todos ellos personas que siempre habian prestado grande atencion á este asunto de las armas militares, fueron examinados dando despues este resultado. La mayoría convino en recomendar un calibre de 0'45 pulgadas inglesas (0'011 milímetros) con un proyectil sólido de 480 granos ingleses (31'090 gramos) y una carga de 85 granos (5'508 gramos), y un metálico cartucho con cebo central. Por esta razon se decidió que se adoptase un calibre de 0'45, que la longitud del cañon fuese de 35 pulgadas inglesas (0'889 milímetros) y su peso 2'480 kilógramos. La cuestion del estriado estaba para ser resuelta por oposicion, y esta debia limitarse á ser aplicada á los sistemas que habian dado los mejores resultados, como los cañones cargados por la culata, llamados de los Sres. Rigby, Whitworth, Westley Richards, Metford, Lancaster y Henry, field. Una circular se remitió á estos señores pidiéndoles favoreciesen al Comité preparando cañones bajo las condiciones indicadas, y con una escepcion de Mr. Metford que rehusó acudir al llamamiento, las demás contestaciones fueron satisfactorias y los cañones se prepararon. Al mismo tiempo los Coroneles Dixon y Boxer presentaron un escrito al Comité, en el que solicitaban la pretension de que se admitiese en consideracion un calibre de 0'5 pulgadas inglesas (0'012 milímetros). Por esta razon se dispuso que los fusiles Snider, de este calibre construidos en Enfield, se ensayarian con los de 0'45 pulgadas (0'011 milímetros) hechos en el mismo sitio. Preparados así los cañones, se arreglaron todos con distintos mecanismos de culata suministrados por Mr. Henry, con la escepcion de el de 0'5 pulgadas Enfield, que tenia una culata Snider y el Westley Richards que fué probado á su misma súplica con su propia culata y particular municion.

No nos proponemos entrar en detalles de los ensayos, que fueron numerosos y duraron mucho tiempo. Nos es suficiente manifestar que de una comparacion de tiro á distintos alcan-

ces, se halló que los cañones Henry eran superiores á los otros en exactitud, escepto á 300 yardas, ó sean 274 metros, á cuya distancia el efecto útil de todos los rifles era casi el mismo, demostrando quizás una pequeña superioridad en el Enfield.

La trayectoria del de 0'5 pulgadas, Enfield fué muy por debajo de la de 0'577 calibre 0'14 milímetros; pero la del Henry, de 0'45 pulgadas, se encontró ser mucho más baja que la de los dos primeros á todas las distancias.

Durante la primera oposicion, el Henry habia demostrado muchas y escelentes cualidades, y el tiro fué de una precision buena, desmereciendo solo por algunos que otros. por desperdicios de resíduos de cartuchos quedados en la recámara, que parecian haber sido debidos á poco leales motivos. Mr. Henry creyendo que la municion no era á propósito, reemplazó la *cera* por la combinacion de *cera y sebo* y un proyectil endurecido con *hoja de lata* por el de plomo. Esta municion, que es la aceptada bajo el nombre de Boxer Henry, se halla representada en las figuras en su tamaño natural, en la que se ve que el engrasado paquete está colocado en el cartucho entre delgados discos de carton, invencion debida á Mr. Henry. El cartucho-estuche es análogo al usado en el servicio y conocido como el *Boxer* estuche, solo con la diferencia de sus distintas dimensiones. Durante los largos ensayos en que este cartucho representó tan notable parte, aun cuando usado con fuertes cargas de pólvora, se manifestaron completamente sus buenas cualidades. Faltaron muy pocos tiros, y nunca se rompieron los estuches, á menos que fuesen empleados en rifles cuya recámara era poco apropiada. El proyectil está hecho de una composicion de doce partes de plomo con una de estaño, y está asegurado en la caja ó estuche, oprimiéndose el último de la acostumbrada manera en una sencilla hendidura hecha en el proyectil. La cuestion de proyectiles fundidos ó compresos, ocupó la atencion del Comité, y un número de cada uno fué simultáneamente disparado de los cañones Henry con resultados

considerados igualmente seguros y buenos, respecto á la exactitud del tiro y limpieza del cañon.

La mayor parte de nuestros lectores se hallan sin duda enterados de que el cañon Henry está estriado segun el sistema poligonal. La seccion transversal del mismo, presenta un polígono de siete lados, y por cada ángulo formado por la interseccion de los planos, baja una elevada corredera. Si suponemos un círculo descrito desde el centro del calibre con un radio tal que los planos queden tangentes á él, estas correderas tocarán exactamente á esta imaginaria circunferencia. El proyectil disparado de tal cañon, tendrá así con él catorce puntos de contacto. Los rifles de Mr. Henry, de los que la anterior ya descrita municion fué disparada, eran en sistema semejantes á los enviados durante la primera oposicion, esceptuándose en que tenian nueve en vez de siete estrías. Pero como el disparo del de siete, se halló ser igual completamente al de nueve, como la fuerza de resistencia del primero será probablemente mucho mayor, y por último, como el coste de la fabricacion seria menor, aunque muy poco, se decidió adoptar con preferencia el rifle de siete estrías.

Volvamos ahora nuestra atencion al mecanismo de la culata. La larga lista de separadas armas de la anterior oposicion, se redujeron á dos; el Henry y el Martini. El primero habia obtenido el premio de 600 libras en los anteriores ensayos, y el último, aunque dotado con muy imperfecta municion, habia llegado por su seguridad y resistencia en todos los ensayos á una superior calificacion. Se escogió para el ensayo, con bastante vacilacion, el mecanismo de culata del sistema de pernos. El Comité dió poca ó ninguna importancia á los accidentes de esplosion, y tuvieron pronto una prueba práctica de la escelencia de su opinion en el hecho del retroceso de la culata del fusil Wilson, cuando fué disparado por Lord Spencer. Sin embargo, algun número de ellos fueron probados con muy sensibles cartuchos, es decir, cajas cargadas con pólvora de

carbon y preparadas con casquetes y martillos de tal modo dispuestas, que saltaban á muy pequeño choque. Todos los fusiles del sistema de pernos dieron malos resultados, escepto el Carter y Eduards y el Kerr. Los dos últimos parecieron ser perfectamente seguros, pero por otras propiedades se desecharon.

El Martini y Henry rifles, se ensayaron despues. El primero habia sido construido en Enfield para ahorrar el tiempo que hubiera sido preciso para prepararlo y traerlo de Suiza, mientras Mr. Henry prefirió construir el suyo en su propia fábrica. Estos modelos fueron sujetos despues á rigurosas esperiencias de rudos tratamientos, al mismo tiempo que á un continuado fuego, y los resultados fueron muy satisfactorios. Al Martini se le halló tan poco deteriorado despues de una semana de espuesto á lluvias y humedades, además de haberse disparado con él 400 tiros durante el mismo, que el Capitan Mackinnon obtuvo felices resultados al disparar 20 tiros en un minuto y tres segundos. Le restaba, pues, al Comité decidir finalmente entre los dos sistemas. Para llegar á una resolucion, tomó en consideracion diferentes puntos, á saber; la seguridad, coste de la fabricacion, facilidad de manipulacion, resistencia y número de sus piezas. Respecto del primer punto, parecieron ambos sistemas igualmente seguros, mientras el coste del Martini era algo menor. Los dos, por supuesto, necesitaban dividida montura. pero se habia determinado que no procedia de su forma ninguna pérdida de resistencia, y si existia alguna, el Henry seria algo más débil que el Martini, por la rebaja hecha de su madera para alojar la llave. El Martini tiene tambien ventaja por el menor número de piezas de que consta, pues tiene solo 27 contra 49. El Henry, además de un mayor número de estas separadas piezas, tiene el inconveniente de un estractor de plancha de hierro soldado sobre el cañon. Las llaves laterales tambien suelen, de resultas de la humedad, quedarse adheridas á la caja, inconveniente que no presen-

ta el Martini, cuyo mecanismo está contenido en lados metálicos.

En cuanto á lo que al manejo del arma se refiere, la falta de un separado movimiento para montarlo dá una pequeña superioridad al Martini; y en el Henry existe una desgraciada posibilidad de colocar el cartucho enfrente del estractor. Teniendo, pues, la debida consideracion á las respectivas pretensiones de los dos inventores, el Comité decidió recomendar el Martini para reemplazar al Snider, hoy en uso.

El mecanismo de la culata adoptado lo tenemos en nuestras figuras 1.ª y 2.ª, en las que se verá que es sumamente sencilla. La 1.ª enseña la culata con el percutor bajo, y la 2.ª la misma abierta y dispuesta á cargarse.

La culata de madera *A* se mueve sobre una clavija, y contiene el percutor *B* rodeado con su muelle real. El percutor está encerrado en su cámara por la matriz de una rosca *C*. La parte inferior de la culata de madera está hueca para conceder á la estremidad del saltador *D*, chocar con el percutor. El saltador está montado sobre el eje *K* que está en escuadra en el punto de contacto con él; así se verifica que cuando este es levantado ó bajado, el eje *K* se mueve con él y así varia la posicion del indicador al esterior de la llave, como se ve en las pequeñas figuras. El brazo de palanca *G* sirve para abrir la culata y preparar el arma. La primera operacion se ejecuta por medio de una corta bifurcada palanca, no vista en las figuras, cuyos brazos se alojan en huecos de cada lado de la culata. Mientras la palanca es empujada hácia abajo, la culata se abre, y segun se mueve, el saltador es rechazado, comprimiendo al mismo tiempo el muelle real hasta la punta del gatillo *F*, y el saltador *S* parado choca con él. El objeto de este descanso del saltador, es aliviar al gatillo de todo el peso del mismo y muelle real. Cuando el gatillo es oprimido, su primer movimiento quita al saltador su reposo; el peso total del resorte se halla entonces sobre el gatillo y una nueva presion le

descansa. El trabajo del estractor, fácilmente se comprende con una ojeada á las figuras; pero al mismo tiempo deberá bien notarse que el más bajo brazo del estractor está de tal modo arreglado, que al primer choque que dá en él la culata, con la que sirve para desembarazar la caja del primer cartucho en la cámara; en seguida, á medida que desciende más, el movimiento del estractor es más rápido y el cartucho se lanza con limpieza fuera del fusil.

En las primeras muestras del sistema Martini habia un indicador al respaldo de la culata y metido en la parte superior de la caja, que indicaba si el arma estaba ó no estaba montada. La cabeza del percutor ponia en juego este indicador, el que estando espuesto á desarreglarse, fué reemplazado por el pequeño que se ve en las figuras 3. Esta última mejora, segun ya se ha dicho, se halla colocada en el estremo del eje del saltador, cuya exacta posicion señala. Para obviar cualquier peligro al llevar el arma cargada y montada, el Comité agregó una clavija de seguridad, segun se ve en la figura 3, la que enganchándose en el descanso del saltador, impide que este sea movido por el gatillo. Se han hecho otras pequeñas mejoras, como el aligeramiento de la baqueta para limpiar el cañon y la modificacion de la forma y posicion del alza.

Muchas veces se ha dicho que el Martini es hasta cierto punto un plagio del Peabody. Esta acusacion no está de ningun modo fundada como lo demuestran los grabados de ambos sistemas. Comparándolos se vé desde luego una gran diferencia entre la posicion de las palancas manipuladoras. En el Peabody el brazo corto de la palanca no ayuda nada el mantener cerrada la culata durante los disparos, obteniéndose esta seguridad por una combinacion de palancas, muelles, rodillos y tornillos 1, 2, 3, 4, 4, 4, ó sean seis piezas, al paso que en el *Martini* están suprimidas todas estas piezas. La presion de la culata queda continuada por el brazo corto de la palanca manipuladora (la que no parece en nuestro grabado) y se trasmite

á la clavija que le sirve de pivote, siendo, por lo tanto, innecesario todo mecanismo suplementario, y simplificándose mucho la construccion del fusil.

Nos complace mucho ver que el arma escogida haya dado tan satisfactorios resultados en las muchas pruebas á que se la ha sometido. Con respecto á las estrías, se ha demostrado claramente que continuados disparos no habian producido efecto apreciable en su resistencia. Una de las disparadas despues de 3.000 tiros, no sufrió ningun deterioro en precision, jugando el mecanismo de la culata en el último con la misma fijeza que en el primero. Despues del tiro 2.100, se examinaron las diferentes partes por medio de graduadores, no resultando ningun desperfecto ni señal de gasto ó deterioro. Damos la enhorabuena al Comité por su eleccion, y esperamos que cuando llegue á generalizarse el rifle *Martini-Henry* no tendrán ni él ni la nacion de la Gran-Bretaña motivo de sentirse de la eleccion verificada.»

De la *Illustration Militaire Francesa*, del 11 de Mayo de este año, tomamos el siguiente artículo:

REORGANIZACION DE LA INFANTERIA EN AUSTRIA.

Por una resolucion imperial de 22 de Marzo último, se acaban de hacer distintas modificaciones en la organizacion de la Infantería austriaca.

Infantería de línea. La infantería de línea constará en lo sucesivo de 120 Coroneles, 120 Tenientes Coroneles y 320 Mayores (Jefes de Batallon). El 5.° batallon de cada regimiento será provisionalmente mandado por un Capitan que será plaza montada.

Se compondrá de 80 regimientos, los que han conservado el nombre de sus antiguos Jefes, y se distinguirán además lle-

vando los números de 1 á 80. Cada uno tendrá cinco batallones de guerra con cuatro compañías y uno de depósito con cinco compañías. Las compañías de los batallones activos se numerarán de 1 á 20 y las de depósito de 1 á 5.

Los tres primeros batallones activos solo constituyen el elemento móvil en tiempo de paz, están distribuidos en las plazas fuertes, en las grandes ciudades, en las costas, segun las necesidades del servicio y segun la disposicion ú órden de batalla del ejército. Los 4.° y 5.°, al contrario, se hallan siempre en tiempo de paz destinados en el distrito de reclutamiento del regimiento. El batallon de depósito permanece de guarnicion en la capital del distrito.

El regimiento está bajo las órdenes del Coronel, que ejerce su mando sobre todas las partes del cuerpo.

Los 4.° y 5.° batallones de guerra están bajo las órdenes de un Coronel ó un Teniente Coronel; en tiempo de paz, toman el nombre de destacamento de reserva. En el de guerra, cuando se les emplea separadamente y que su accion es distinta de la de los tres primeros batallones, se llaman regimientos de reserva, llevando el mismo nombre y el mismo número que el regimiento de los tres batallones 1.°, 2.° y 3.°, de que ellos son 4.° y 5.°

El Jefe de esta reserva, Coronel ó Teniente Coronel, tiene generalmente en lo que corresponde á los batallones 4.° y 5.°, así como al de depósito, las mismas atribuciones que el Jefe del regimiento completo.

Está subordinado á este último, y es responsable al frente de él como al frente de las autoridades militares de que depende directamente, segun el órden de batalla.

El Jefe de la reserva debe ocuparse además de la instruccion de reclutas, de los que se hallan con licencia y de los individuos de la reserva, propiamente así llamada, y que pertenece á los tres primeros batallones.

Cuando en tiempo de paz se reunen los cinco batallones en

una misma brigada ó en una misma guarnicion, ó bien que en el de guerra deben operar en una brigada, los 4.° y 5.° batallones quedan á las órdenes directas del Jefe del regimiento, y el de la reserva viene á ser su segundo. Es preciso, sin embargo, que las dos partes del regimiento puedan de un instante á otro separarse para ser empleados independientemente los 4.° y 5.° batallones á las órdenes del Jefe de la reserva. En tiempo de guerra, este Jefe tiene la misma autoridad, si opera aisladamente, de dictar los nombramientos para los grados y empleos en las compañías bajo sus órdenes, que tiene el del regimiento.

El batallon de depósito, que en tiempo de paz no tiene más que los cuadros, tiene por encargo ocuparse de la contabilidad y del material de todo el regimiento. En tiempo de guerra, está mandado por el Capitan que en el de paz funciona como segundo Jefe del de la reserva.

Este Jefe de la reserva manda igualmente el destino de reclutamiento, y bajo este concepto, solo depende en sus actos del General que manda el territorio y del Ministerio de la Guerra.

Cuando los tres primeros batallones de guerra se encuentran próximos al distrito de reclutamiento del regimiento, los soldados enviados á sus hogares, formando parte de la reserva, se incorporan á la compañía á que pertenecen en la época fijada para maniobras é instruccion, si por ello no han de resultar ni dificultades ni gastos importantes. En los casos contrarios, los batallones 4.° y 5.° son los que esclusivamente reciben estos individuos durante los ejercicios.

Para pasar del pié de paz al de guerra, se llama á los que están con licencia en sus casas y á los de reserva, completando primero los tres primeros batallones, despues los dos últimos, y por último, el de depósito. En caso de grande necesidad, se forma un sesto batallon de guerra con cuatro compañías del de depósito. El sesto batallon se agrega al regimiento de reserva, pero puede ser empleado separadamente.

Se pasa del pié de guerra al de paz, no conservando sino los cuadros del batallon de depósito; se vuelven á enviar los de la reserva y se dan licencias temporales á un cierto número de soldados de los pertenecientes al servicio activo en todos los batallones.

Además de las tropas de Ingenieros y el regimiento de *pionniers*, tiene el ejército austriaco pionniers agregados á los regimientos de infantería en número de cuatro por compañía. Están destinados particularmente á venir en auxilio, en campaña, á las necesidades ó menesteres de la infantería en los campamentos, en las marchas y combates. Están dotados de los útiles precisos para trabajar la madera y la tierra. En campaña se les saca de las compañías del regimiento y se forma un destacamento del que solamente la mitad queda destinada al regimiento. La otra mitad se pone á las órdenes de los Jefes de brigada ó de division, que los emplean en más grandes trabajos. Pueden reunirse á otros destacamentos análogos y hallarse completamente destacados de su regimiento.

Ellos son soldados de las compañías que en tiempo de paz se ejercitan é instruyen, de suerte de poder desempeñar en campaña los servicios que se les pidan.

Cada compañía tiene igualmente un cabo y tres ó cuatro hombres que deben en campaña unos trasportar los heridos fuera del campo de batalla, otros llevar vendages y botiquines, enseres y otros materiales ligeros para auxiliar á los médicos de los regimientos.

En lo sucesivo, el número de hombres sirviendo voluntariamente en esceso del tiempo prescrito por la ley, no podrá pasar de la cifra de 250 individuos por regimiento, no comprendiendo los Oficiales.

Cazadores. Los Oficiales superiores de cazadores son en número de 41, un Coronel Jefe del regimiento de cazadores tiroleses, 20 Tenientes Coroneles y 20 Mayores.

Los cazadores se componen de un regimiento y 33 batallo-

nes, formando cuerpos. El regimiento de cazadores tiroleses lleva el nombre del Emperador; tiene siete batallones activos de á cuatro compañías, siete compañías de reserva y un batallon de depósito de siete compañías.

Cada uno de los 33 batallones, que se numeran de 1 á 33, tiene cuatro compañías activas; una de reserva y otra de depósito.

En caso de movilizacion, la cuarenta compañías de reserva del regimiento y batallones forman diez batallones de reserva, cuyo Estado Mayor ó cuadro completo es el mismo que el de uno de los batallones activos.

Cada uno de estos diez batallones, tiene por lo tanto cuatro compañías que se numeran de 1 á 4; además de este número, cada compañía lleva un segundo que indica el número del batallon activo ó primordial á que pertenece.

Tan pronto como un batallon de reserva se forma, se administra separadamente para la recaudacion en especie y metálico, pero cada compañía continúa dependiendo del batallon primordial á que pertenece, para cuanto concierne al reclutamiento, vestuario, armamento y equipo.

Como última modificacion, se han creado dos nuevos grados de sargentos en la infantería de línea y cazadores, como en las demás armas (Decreto imperial del 2 de Marzo completando la nueva organizacion gerárquica del 24 de Enero de este año). Los cadetes hacen las funciones de Oficiales y los sargentos primeros las de contabilidad. Estos pueden á su voluntad tomar parte en los ejercicios de sus cnmpañías; pueden despues de haber llenado las condiciones de un especial exámen, ser nombrados ó cadetes ó Tenientes de contabilidad en las oficinas de los regimientos.

Tarifa del nuevo haber mensual de los Oficiales.

Coronel.	250	florines.
Teniente Coronel.	175	»
Mayor.	140	»
Capitan de Infantería de 1.ª clase. . . .	100	»
Capitan de 2.ª clase.	75	»
Capitan de Caballería.	100	»
Capitan de Caballería de 2.ª clase. . . .	75	»
Teniente 1.º.	60	»
Teniente 2.º.	50	»

El florin austriaco equivale á 2 francos 75 céntimos.

Las raciones de calefaccion se han suprimido; las de forraje se han disminuido de una racion para los Oficiales de Caballería, pero los Capitanes y Tenientes reciben en compensacion 10 florines al mes para criado que antes era solo 96 al año y que ya habia sido suprimido para los Oficiales de esta arma y lo mismo para los demás.

La indemnizacion para gastos de equipo se ha aumentado, y el aumento de sueldo se ha estendido á los empleados militares.

PARTE OFICIAL.

Decreto de 31 de Diciembre de 1868 sobre unificacion de fueros.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 4 del actual, me dice lo que sigue:=Excmo. Sr.:=Con fecha 31 de Diciembre último se ha expedido el Decreto siguiente:=Publicado el Decreto de 6 del corriente sobre unificacion de fueros, y determinándose en la última de sus disposiciones transitorias que por los Ministerios correspondientes se darian las órdenes oportunas para su cumplimiento: deseoso el Ministro que suscribe de que cuanto antes se ponga en práctica aquella importante reforma, con el objeto de disponer lo conveniente para que el pensamiento unificador tenga cumplido efecto en todas sus partes, y como individuo del Gobierno provisional y Ministro de la Guerra, vengo en decretar lo siguiente:=Art. 1.° Corresponderá á la jurisdiccion de Guerra el conocimiento: *Primero.* De la prevencion de los juicios de testamentaría y *ab intestato* de los militares muertos en campaña; entendiéndose para este efecto por prevencion de tales juicios, las diligencias espresadas en los arts. 351 y siguientes de la Ley de Enjuiciamiento civil. *Segundo.* De las causas criminales por delitos comunes que no sean de los exceptuados en el art. 9.°, cometidos por militares é individuos de los Cuerpos auxiliares del Ejército en activo servicio. *Tercero.* De los delitos de traicion que tengan por objeto la entrega de una plaza, puesto militar ó almacenes de municiones de boca ó guerra al enemigo. *Cuarto.* De los delitos de seduccion de tropa española ó que se halle al servicio de España para que deserte de sus banderas en tiempo de guerra ó se pase al enemigo. *Quinto.* De los delitos de seduccion y auxilio á la desercion en tiempo de paz. *Sesto.* De los

delitos de espionaje, insulto á centinelas, salvaguardias y tropa armada, atentado y desacato á la Autoridad militar. *Sétimo.* De los delitos de robo de armas, pertrechos, municiones de boca y guerra ó efectos pertenecientes á la Hacienda militar, en los almacenes, cuarteles y establecimientos militares de cualquiera clase que sean, y del de incendio cometido en los mismos parages. *Octavo.* De los delitos cometidos en plazas sitiadas por el enemigo, que tiendan á alterar el órden público, ó á comprometer la seguridad de las mismas. *Noveno.* De los delitos que se cometan en las fábricas y fundiciones de armas del Estado. *Décimo.* De los delitos y faltas comprendidos en los bandos que con arreglo á Ordenanza puedan dictar los Generales en Jefe de los Ejércitos. *Undécimo.* De los delitos cometidos por los prisioneros de guerra y personas de cualquiera clase, condicion y sexo que sigan al Ejército en campaña. *Duodécimo.* De los delitos de los asentistas de servicios militares, que tengan relacion con sus asientos y contratas. *Décimo tercero.* De las faltas especiales que se cometan por los militares de todas clases en el ejercicio de sus funciones, ó que afecten inmediatamente al desempeño de las mismas.= Art. 2.° La jurisdiccion de guerra será tambien la competente para conocer por ahora de todos los negocios, así civiles como criminales, de las personas residentes en las plazas fuertes de Africa.=Art. 3.° Guando un paisano sea juzgado por la jurisdiccion de guerra por delitos que se hallen castigados en el Código penal, la pena que este señale será la aplicable en su caso.=Art. 4.° Las faltas castigadas en el libro tercero del Código penal, á excepcion de las que por Ordenanzas, Reglamentos y bandos militares del Ejército tengan señalada una mayor pena, cuando fueren cometidas por militares, serán de la exclusiva competencia de la jurisdiccion ordinaria.=Art. 5.° Todos los negocios civiles que se hallen en el Tribunal Supremo de Guerra y Marina procedentes de los Juzgados de las Capitanías generales, se remitirán inmediatamente á la Audiencia en cuyo territorio residieren los Jueces

que hayan dictado la sentencia en primera instancia.=Art. 6.° Los recursos de casacion pendientes en el Tribunal Supremo de Guerra y Marina, se remitirán para su decision al Tribunal Supremo de Justicia, en el estado en que se hallaren.=Art. 7.° Las causas por delitos comunes cometidos por los retirados, las mujeres, hijos ó criados de los aforados de guerra en activo servicio; por los operarios de las fundiciones, fábricas y parques de Artillería é Ingenieros fuera de sus respectivos establecimientos; por los estranjeros domiciliados y transeuntes, y por los militares antes de pertenecer al ejército, estando dados de baja, durante su desercion ó en el desempeño de algun destino ó cargo público civil, así como aquellas en que se persigan delitos contra la seguridad interior del Estado y del órden público; cuando la rebelion y sedicion no tenga carácter militar; atentados y desacatos contra la Autoridad civil; tumultos ó desórdenes públicos y sociedades secretas; falsificacion de sellos, marcas, moneda y documentos públicos que no tengan relacion con el servicio militar; robo en cuadrilla, defraudacion de los derechos de Aduanas y contrabando de géneros estancados ó de ilícito comercio; injuria y calumnia á personas que no sean militares, y adulterio y estupro, que se hallen pendientes en el Tribunal Supremo de Guerra y Marina, se remitirán tambien inmediatamente, en el estado que se encuentren, á la Audiencia del territorio en que residan los Jueces que conocieron de ellas en primera instancia.=Art. 8.° Los pleitos y causas á que se refieren los artículos anteriores, que radiquen en los Juzgados de guerra de las Capitanías generales, privativos de Artillería é Ingenieros y en los de extranjería, se entregarán bajo inventario detallado, por los Escribanos de actuaciones de los mismos, en el estado en que se encontraren, al Juez de primera instancia de la capital en que aquellos se hallaren establecidos, y donde hubiere más de uno, al Juez Decano ó al del domicilio del demandado cuando se trate de negocios civiles.=Madrid treinta y uno de Diciembre de mil

ochocientos sesenta y ocho.=El Ministro de la Guerra, Juan Prim.=Lo que comunico á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes.=Lo que transcribo á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.=Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 15 de Enero de 1869.=*Echagüe*.=Sr.....

Orden de 18 de Marzo de 1869, disponiendo que las vacantes de Capitan en el batallon de Ingenieros de la Isla de Cuba se cubran con Oficiales del Cuerpo.

El Sr. Subsecretario del Ministerio de la Guerra, con fecha 18 del corriente, me dice lo que copio:=Excmo. Sr.:= El Sr. Ministro de la Guerra dice hoy al Capitan general de la Isla de Cuba lo siguiente:=El Poder Ejecutivo, en vista de lo propuesto por V. E. á este Ministerio en carta número veintinueve de catorce de Enero último, y de conformidad con lo informado por la Junta Superior Facultativa del Cuerpo de Ingenieros, se ha servido disponer que se cubran con Oficiales de dicho Cuerpo las vacantes de Capitan que existen y las que ocurran en lo sucesivo, tanto en el Batallon de Obreros de Ingenieros de esa isla como en las compañías del arma en los ejércitos de Puerto-Rico y Filipinas.=Lo que de órden de dicho Sr. Ministro traslado á V. E. para su conocimiento y efectos que se indican.=Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.=Dios guarde á V..... muchos años.= Madrid, 22 de Marzo de 1869.=*Echagüe*.=Sr.....

Orden de 10 de Abril de 1869, resolviendo que el cargo de Vicepresidente de la Junta Superior Facultativa del Cuerpo, sea desempeñado por un Mariscal de Campo, y la Direccion de Andalucía por un Brigadier.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 10 del actual, me dice lo siguiente:=Excmo. Sr.:=El Poder ejecutivo, considerando conveniente al servicio que el cargo de Vicepresidente de la Junta Superior Facultativa del Cuerpo de Inge-

nieros sea ejercido por un Jefe del mismo de la clase de Mariscal de Campo, el cual, en ausencias y enfermedades del Director general se encargue tambien del despacho de los asuntos de la Direccion general, se ha servido resolver que desde el próximo presupuesto económico de mil ochocientos sesenta y nueve á mil ochocientos setenta, desempeñe dicho cargo de Vicepresidente de la mencionada Junta un Mariscal de Campo, cuyo Jefe habrá de sustituir al Ingeniero general para el despacho de los asuntos de la Direccion general en los casos que quedan indicados; y á la vez ha dispuesto el propio Poder ejecutivvo que la Direccion Subinspeccion de Andalucía sea desempeñada por un Brigadier al empezar á regir el referido presupuesto económico.=Lo digo á V. E. para su conocimiento.=Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.= Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 14 de Abril de 1869. =*Echagüe.*=Sr.....

Decreto de 17 de Abril de 1869, suprimiendo los fueros especiales de Artilleria é Ingenieros.

El Sr. Subsecretario del Ministerio de la Guerra, con fecha 17 del actual, me dice lo que sigue:=Excmo. Sr.:=Por este Ministerio se ha espedido el Decreto siguiente:=Refundidos los fueros especiales en el ordinario, segun lo decretado por el Ministerio de Gracia y Justicia en 6 de Diciembre último, es llegado el caso de establecer el principio jurídico de la unidad del fuero general del Ejército y sus clases afectas, debiendo desaparecer las jurisdicciones especiales del ramo de Guerra. Por lo tanto, el Ministro que suscribe, de acuerdo con el Consejo de Ministros, ha resuelto decretar lo siguiente:=Artículo 1.° La jurisdiccion de Guerra residirá esclusivamente en los Consejos de Guerra, en los Juzgados de las Capitanías generales de los Distritos militares y en el de la Comandancia general de Ceuta, con dependencia del Consejo Supremo de la Guerra,

segun establecen las Ordenanzas del Ejército y disposiciones vigentes.=Art. 2.° En virtud de lo prescrito en el artículo anterior, quedan suprimidos los fueros especiales de los Cuerpos de Artillería é Ingenieros y sujetos todos los individuos que actualmente los disfrutan, á la jurisdiccion única de guerra.=Art. 3.° Queda del mismo modo suprimido el fuero atractivo que competia á las espresadas jurisdicciones.=Art. 4.° Sin embargo de la supresion de fueros especiales, compete á los Cuerpos de Artillería é Ingenieros, la formacion de sumarias sobre robo, incendio ó insulto hecho en los almacenes, maestranzas, parques, fábricas, guardias y salvaguardias de los mismos, las que instruidas que sean, las elevarán en consulta al Capitan general del Distrito para que, oyendo á su Auditor, dicte la providencia que proceda.=Art. 5.° Cuando las tropas de Infantería, Caballería y demás institutos del Ejército se hallen agregados al servicio de los Cuerpos de Artillería ó de Ingenieros, quedarán sujetas á los mismos por los delitos y faltas que cometan en infraccion de dicho servicio, y la revision de la sentencia competirá al Capitan general del Distrito; pero de los demás delitos y faltas en que incurrieran, que no tengan relacion con el servicio especial á que se hallen destinados, conocerán los Cuerpos á que pertenezcan, con arreglo á derecho.=Art. 6.° Todas las sumarias y procesos pendientes de sustanciacion de los fueros suprimidos, deberán ser consultados á los Capitanes generales por los Jefes que hubieren decretado su formacion.=Madrid, 16 de Abril de 1869.=El Ministro de la Guerra, Juan Prim.=Lo que de órden de dicho Sr. Ministro traslado á V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes.=*Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.*=Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 27 de Abril de 1869.=*Echagüe*=Sr.....

Orden de 27 de Abril de 1869, reformando el uniforme del Cuerpo.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 27 de Abril último, me dice lo que sigue:

«Excmo. Sr.:=Enterado el Poder ejecutivo de la comunicacion de V. E., fecha 15 del actual, acerca de las modificaciones que conceptúa conveniente introducir en el vestuario y equipo de los Jefes, Oficiales é individuos de tropa y demas empleados del Cuerpo de su cargo, se ha servido aprobarlas interin se presenta á las Córtes el correspondiente proyecto de Ley; con inclusion de la adjunta relacion detallada de todas las prendas que deben constituir en lo sucesivo dicho vestuario y equipo; aprobando igualmente las divisas que consulta V. E. en los tres diseños que acompañó á su citada comunicacion para los Maestros mayores, Celadores y Maestros de talleres.=Lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes, con inclusion de la relacion citada.=Dios guarde á V. E. muchos años.=Madrid, 27 de Abril de 1869.=PRIM.

MINISTERIO DE LA GUERRA.

RELACION detallada de las prendas de vestuario y equipo del Cuerpo de Ingenieros, aprobado por Orden de esta fecha.

Los Jefes y Oficiales conservarán todo su vestuario como está mandado con las variaciones siguientes:

En la levita se sustituirá á la hombrera reglamentaria con otra formada por un cordon doble y torcido de plata, formando un lazo en su base, que se sujetará por esta parte á la costura

del hombro y por la superior á un boton pequeño que ha de colocarse á 20 milímetros de la costura del cuello de la misma.

Se suprime el pantalon con franja de galon de plata, quedando para todo servicio el de franja encarnada, que se usa hoy para diario.

Se conservarán las polainas de charol de vaca para los Jefes de los Regimientos, Jefes y Oficiales de la Plana Mayor del Cuerpo que hacen el servicio á caballo: los Oficiales de los Regimientos, las usarán de paño negro de la misma forma y dimensiones que las de la tropa, aunque de paño más fino.

Se conservará el sable de tirante únicamente para los Jefes de los Regimientos y los Jefes y Oficiales de la Plana Mayor, siempre que hayan de desempeñar un servicio á caballo: los demás Oficiales usarán únicamente la espada para todo acto de servicio, pendiente de un tahalí de paño, cuando no lleven el rewolver, y en este caso, de un cinturon de charol negro de cuatro centímetros de ancho, que en el estremo derecho tendrá un pasador de metal blanco para correrlo, y en el doblez que forma, otro con chapa cuadrada lisa de metal blanco de tres centímetros de lado, y en medio un castillo sobrepuesto: en el estremo izquierdo, la hebilla para abrocharse la chapa: al costado izquierdo penderá un tahalí tambien de charol que tendrá 10 centímetros de largo, y se sujetará al cinturon por dos pasadores fijos de metal blanco, que enganchan en dos presillas colocadas por dentro del borde inferior del mismo cinturon.

El rewolver será el de reglamento, con funda de cuero charolado, sujeta al cinturon en el costado derecho: á la anilla que lleva en la culata del rewolver, se enganchará un mosqueton pasado por un cordon negro de pelo de cabra de $1^{m},80$ de largo y 4 milímetros de grueso, doblado, metido por la cabeza y sujeto al cuello por dos pasadores del mismo material: el rewolver se usará en las guardias, marchas y otras funciones del servicio, pero no en formaciones, revistas ni paradas.

El gaban de abrigo será el usado actualmente, pero con el cuello de terciopelo azul oscuro.

Los Jefes y Oficiales de la Plana Mayor del Cuerpo, usarán para diario el kepi-ros, y para gala el sombrero actual.

Los Jefes y Oficiales de los Regimientos, usarán el ros detallado para la tropa, sin más diferencia que ser de mejor calidad, ser de plata los trofeos, así como el cordon que rodea la imperial, y que el sprit sea de pluma encarnada para los Oficiales de Compañía, y blanca para los Jefes y Oficiales de Plana Mayor, llevando debajo del cordon las divisas de su empleo en el Cuerpo.

TROPA.

Estando mandada suprimir la casaca, se sustituirá ésta con una levita de paño azul turquí veinticuatreno, con vivos color grana, y una hilera de nueve botones en el centro del pecho; el cuello de color grana cerrado con tres corchetes, de tres y medio centímetros de altura y forrado del mismo paño de la levita; á los lados, y á dos centímetros de la abertura, dos castillos de metal blanco. Los vivos se colocarán en el borde del pecho y delantero de los faldones; estos serán de 30 centímetros de largo, látigo de la misma longitud con barras grana y con tres botones grandes en cada una.

La boca-manga será sin cartera, de diez y medio centímetros de altura, la formará un vivo sobrepuesto del color grana con abertura en el costado en prolongacion de la costura, llevando tan solo un boton pequeño en la inmediacion de la parte superior de la boca-manga. Hombrera formada por un cordon doble y torcido de algodon blanco, haciendo un lazo en su base, que se sujetará por esta parte á la costura del hombro, y por la superior á un boton pequeño que ha de colocarse á 20 milímetros de la costura del cuello; forro de espalda y mangas, así como los bolsillos, de lienzo crudo.

Su duracion cuatro años, y su coste doce escudos.

Ros. De fieltro blanco de 0^m,10 de altura en la parte anterior y 0^m,08 de la posterior: imperial y franja en la parte inferior, así como la visera y barboquejo de charol negro; la union del casco del ros con la imperial está abierta con un cordon de pelo de cabra encarnado y un poco separado, un galon de lo mismo y de igual color.

En la parte anterior una chapa de metal blanco con trofeo de un castillo y una corona de relieve, rodeado con una palma y un laurel. La escarapela nacional sujeta con una presilla de metal blanco.

Para gala. Bombilla de metal blanco con un sprit de cerda encarnada de 12 centímetros de largo.

Esclavina. Será del mismo paño que el capote; el cuello tendrá 10 centímetros de altura, que se abrochará por medio de un corchete pavonado de negro y tendrá además cosido en el costado izquierdo un tapabocas de igual altura, que se abrochará al costado derecho en tres botones de los usados para las mangas.

La longitud de esta esclavina será de modo que cubra el brazo hasta seis centímetros por encima de la muñeca. Su duracion ocho años; y su coste ocho escudos.

Se suprimen los tirantes que sostienen el cinturon en que se lleva la cartuchera.

EMPLEADOS SUBALTERNOS.

MAESTROS MAYORES.

Estos empleados conservarán el uniforme actual sin mas variacion que sustituir las divisas que ahora usan en el cuello por las del adjunto modelo núm. 1.°, colocadas en la boca-manga,

siendo bordadas de plata la serreta y cardinas, de las dimensiones que marca el dibujo, llevando tres de estas el Maestro de primera clase, y dos el de segunda. En el cuello de la levita llevará dos castillos de plata.

CELADORES.

Su uniforme será el mismo que usan en la actualidad, sustituyendo el sombrero con un kepi-ros, como el de los Jefes y Oficiales de la Plana Mayor: la levita conservará el cuello derecho con dos castillos de plata, las divisas de la boca-manga serán bordadas de plata de la forma y dimensiones indicadas en el modelo núm. 2 °, siendo tres las hojas para el Celador de primera clase, dos para el de segunda y una para el de tercera.

MAESTROS DE TALLERES.

Su uniforme será el de diario de los Celadores con las divisas bordadas de plata en las boca-mangas de la levita, arregladas en su forma y dimensiones á lo que espresa el dibujo núm. 3.°, llevando tres trofeos el Maestro de primera clase, y dos el de segunda.

CONSERGES.

Para distinguir á estos empleados en el ejercicio de sus funciones, usarán una bandolera de ante blanco con el lema de Conserje de Ingenieros, sin más distintivo ni prenda de uniforme.»

Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes, acompañando adjuntos los modelos de la hombrera que han de usar en las levitas los Jefes y Oficiales del Cuerpo, y los de las nuevas divisas asignadas á los Maestros mayores, Ce-

ladores y Maestros de talleres, pero advirtiendo respecto de estas divisas de los empleados subalternos, que hallándose en consulta si dichos empleados han de usar ó no los distintivos militares concedidos ya á los individuos de la Administracion militar, no deberá obligárseles hasta que dicha consulta se resuelva á hacer variacion alguna en cuanto á las divisas.

Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 24 de Mayo de 1869.=*Echagüe.*=Sr.....

Orden de 20 de Abril de 1869, reformando la plantilla del personal del Cuerpo.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 20 del actual, me dice lo siguiente:=Excmo. Sr.:=Con esta fecha digo al Director general de Administracion militar lo que sigue:= Las reformas sucesivas que desde hace algunos años vienen esperimentando las plantillas de los Cuerpos de Estado Mayor del Ejército y Plazas, Artillería, Ingenieros, Administracion y Sanidad militar, no permiten hacer grandes reducciones en el personal que las componen; pero siendo, sin embargo, indispensable aminorar los gastos del presupuesto de la Guerra, hasta el límite que permitan las necesidades del servicio y considerando que es aun posible hacer algunas reducciones en los espresados Cuerpos, con presencia del personal hoy escedente de cada uno de los institutos citados, he tenido por conveniente resolver:=Primero. El personal de los Cuerpos de Estado Mayor del Ejército y Plazas, Artillería é Ingenieros, Administracion y Sanidad militar, se compondrá del que se detalla en las seis plantillas adjuntas.=Segundo. Los Cuerpos de Artillería é Ingenieros tendrán además el personal de Jefes y Oficiales que sean necesarios para los Regimientos de dichas armas.=Tercero. Las disposiciones anteriores regirán desde primero de Julio próximo en que empieza el ejercicio del presupuesto de mil ochocientos sesenta y nueve á mil ochocientos setenta, redactado ya con presencia de las espresadas plantillas.=Cuarto. Las vacantes que ocurran á contar desde esta fecha dejarán de proveerse en tanto que no se reduzca el personal á lo que se determina.=Lo que traslado á V. E. para su inteligencia y fines consiguientes, con inclusion de copia de la plantilla correspondiente al Cuerpo de su cargo.=Y yo á V..... para su conocimiento, incluyendo copia de la plantilla que se cita en la preinserta órden.=Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 26 de Abril de 1869.=*Echagüe.*=Sr....

MINISTERIO DE LA GUERRA.

PLANTILLA *del personal de Generales, Jefes y Oficiales del Cuerpo de Ingenieros que han de servir en la Direccion general del arma, Junta Superior Facultativa, Museo, Distritos, Academia y demás que se espresa, segun órden de esta fecha.*

2 Mariscales de Campo.
7 Brigadieres.
17 Coroneles.
14 Tenientes Coroneles.
16 Comandantes.
38 Capitanes.
18 Tenientes.

El espresado personal será distribuido en el servicio de los Distritos y demás que se espresa en la forma siguiente:

DESTINOS.	Mariscales de Campo.	Brigadieres.	Coroneles	Tenientes coroneles.	Comandantes.	Capitanes.	Tenientes
Junta Superior Facultativa.	1	»	3	»	»	2	»
Direccion.	»	»	1	2	2	2	»
Museo.	»	»	»	»	»	1	»
Andalucía y Estremadura.	»	1	3	1	1	3	»
Aragon.	»	1	1	»	1	1	»
Castilla la Nueva.	»	1	1	»	1	4	»
Castilla la Vieja y Búrgos.	»	1	1	2	1	2	»
Cataluña.	1	»	1	2	1	3	»
Galicia.	»	1	»	1	3	1	»
Granada y presidios menores de Africa.	»	»	1	1	1	1	»
Provincias Vascongadas y Navarra.	»	»	1	1	1	1	»
Valencia.	»	1	1	»	2	3	»
Baleares.	»	»	1	1	1	3	»
Canarias.	»	»	1	1	»	1	»
Comandancia exenta de Ceuta	»	»	1	»	»	1	»
Academia.	»	1	»	1	1	8	»
Brigada Topográfica.	»	»	»	1	»	1	»
Para distribuir en los puntos y Comisiones que exija el servicio.	»	»	»	»	»	»	18
Suma.	2	7	17	14	16	38	18

ESTADO *numérico de los Generales, Jefes y Oficiales que á consecuencia de la anterior reforma pasan á situacion de cuartel, ó de escedentes.*

1 Mariscal de Campo.
1 Brigadier.
4 Capitanes, dos de ellos de las Compañías de Depósito.

Madrid, 20 de Abril de 1869.=Prim.=Es copia.=*Echagüe.*

Orden de 10 de Mayo de 1869, autorizando el uso de levita abierta, chaleco y gorra, á los Jefes y Oficiales.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 10 del actual, me dice lo que sigue:=Excmo. Sr.:=Considerando la necesidad de que siempre que el servicio no se oponga, se permita el desahogo natural en el traje militar, como sucede en varias naciones, y siendo este desahogo más indispensable aun en los climas meridionales; he resuelto autorizar á los Jefes y Oficiales de todos los Cuerpos é Institutos del Ejército, para los actos que no sean de armas y esceptuando los dias de gala, el uso de chaleco, levita abierta y gorra, sin sable ni espada, determinando que la levita y la gorra han de ser las mismas que en el dia se usan, y que el chaleco, que deberá llevarse siempre completamente abrochado, sea de paño en el invierno y de lanilla en el verano, del color de la levita, cerrado con una fila de nueve botones iguales á los de la bocamanga del uniforme, con cuello recto de dos centímetros de alto para que sobresalga el de la camisa, de forma recta tambien, y tal como está mandado en el dia. Este traje no será obligatorio, pudiendo usarse el cerrado ó el abierto, á voluntad, en los dias ordinarios y fuera de los actos de servicio, ó en los que no sean de armas. Lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.= Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.=Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 20 de Mayo de 1869.=*Echagüe*.=Sr.....

Orden de 20 de Mayo de 1869, fijando varias reglas para la declaracion de supernumerarios y su regreso al Cuerpo.

El Excmo. Sr. Ministro de la Guerra, con fecha 20 de Mayo próximo pasado, me dice lo que sigue:

«Excmo. Sr.:=En vista de un razonado escrito del Ingeniero

general, su fecha 19 de Abril último, solicitando se dicte una disposicion que á la vez que ponga en armonía todas las existentes con el Decreto de ascensos vigente, aclare las diversas prescripciones de aquellas y haga desaparecer las diferencias que hoy existen entre los supernumerarios, fijando de un modo terminante las reglas que han de observarse en lo sucesivo para su nombramiento y regreso al Cuerpo; el Poder ejecutivo ha tenido por conveniente dictar al efecto las reglas siguientes: —Primera. Podrán pasar á la situacion de supernumerarios sin sueldo alguno por el presupuesto de Guerra en los cuerpos de Ingenieros, Estado Mayor de ejército y Artillería, un número de Jefes y Oficiales igual á la sétima parte del personal del cuadro orgánico en los dos primeros cuerpos y la duodécima en el tercero.—Segunda. Si despues de cubierto el espresado número de supernumerarios, solicitare pasar á esta situacion algun otro Jefe ú Oficial de cualquiera de dichos cuerpos, se le concederá siempre que existan escedentes en su clase ó en alguna de las inferiores.—Tercera. La limitacion que establece la primera regla, no será nunca un óbice para que además de las referidas sétima y duodécima parte, puedan quedar de supernumerarios en dichos cuerpos todos los individuos á quienes el Gobierno estime necesario ó conveniente conferirles cargos importantes ó de confianza.—Cuarta. Por regla general, no podrá pasar á la situacion de supernumerario ningun Oficial de Ingenieros, Estado Mayor ni Artillería, hasta despues de cumplir el plazo de cuatro años de servicio en el cuerpo á contar desde su ingreso en el mismo en clase de Teniente, esceptuándose, sin embargo, el caso de que existan escedentes en la clase respectiva, pues entonces, con arreglo á lo preceptuado en la regla segunda, podrá concederse el pase á un número igual al de escedentes, pero en el concepto de que una vez estinguidos estos últimos y á medida que vayan ocurriendo vacantes de su clase, se obligará á reingresar en el cuerpo á los que no hayan servido en él los cuatro años antes espresados pa-

ra que completen dicho plazo.—Quinta. El supernumerario que ascienda, volverá al cuerpo para prestar en él el servicio correspondiente á su nuevo empleo, y hasta que haya pasado doce revistas de presente llenando dicho requisito, no podrá volver á pasar á su anterior situacion.—Sesta. En tiempo de guerra, ó cuando el Gobierno lo juzgue necesario por circunstancias especiales, podrán ser llamados los supernumerarios para que reingresen en el cuerpo y presten desde luego en el mismo el servicio que les corresponda.—Sétima. Los supernumerarios á voluntad propia, no disfrutarán sueldo alguno por el presupuesto de Guerra, y tanto estos como los que pasan á dicha situacion por nombramiento del Gobierno, dejarán vacante en el cuadro orgánico á fin de que no produzcan alteracion en el servicio interior del cuerpo; pero cuando unos y otros reingresen en éste, quedarán escedentes á medio sueldo hasta que les corresponda entrar en número con sujecion á las disposiciones que entonces rijan.—Octava. Quedan derogadas cuantas disposiciones contrarias á lo que se previene en esta órden se hayan dictado con anterioridad, para el reingreso en sus respectivos cuerpos de todos y cada uno de los supernumerarios que hoy existen.=Lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos espresados.»

Lo que traslado á V..... para su conocimiento y efectos consiguientes.

Dios guarde á V..... muchos años. Madrid, 3 de Junio de 1869.=*Echagüe*.=Sr.....

RELACION *que demuestra el resultado del primer sorteo de libros, planos é instrumentos, correspondiente al año de* 1868, *celebrado en la Academia de Ingenieros el dia* 17 *de Febrero de* 1869.

Número de los lotes.	Número de las acciones premiadas.	ACCIONISTAS. Clases.	ACCIONISTAS. Nombres.	PREMIOS.
1.°	228	Coronel.	D. Francisco Coello.	Reynaud: Arquitectura. Arajol: Fortificacion.
2.°	457	Alf. Alum.	D. Antonio Sanz.	Valdés: Manual del Ingeniero. Arajol: Fortificacion. Sanchez Osorio: Profesion militar. Almirante: Guia del Oficial en Campaña.
3.°	182	Sold. Alum.	D. Ricardo Seco.	Diyunt: Traité téorique y practique. Arajol: Fortificacion. Almirante: Guia del Oficial en Campaña. Arteche: Agenda militar.

Guadalajara, 17 de Febrero de 1869.—El Capitan encargado, *Alejo Lasarte*.—V.° B.°—*Campuzano*.

RELACION *que demuestra el resultado del segundo sorteo de libros, planos é instrumentos, correspondiente al año de* 1868, *celebrado en la Academia de Ingenieros el dia* 17 *de Febrero de* 1869.

Número de los lotes.	Número de las acciones premiadas.	ACCIONISTAS. Clases.	ACCIONISTAS. Nombres.	PREMIOS.
1.°	21	Coronel.	D. Gregorio Verdú.	Reynaud: Arquitectura. Arajol: Fortificacion.
2.°	84	»	Depósito Topográfico de Búrgos.	Lonnet: Diccionario. Arajol: Fortificacion. Breton: Traité de Nivellement. Idem: Traité de laver des plans. O'Ryan: Arquitectura.
3.°	240	Teniente.	D. Fulgencio Coll.	Richard: Aide-mémoire du Genie. Muñoz: Manual de puentes. Arajol: Fortificacion. Herrera Garcia: Fortificacion. Arteche: Agenda Militar.

Guadalajara, 17 de Febrero de 1869.—El Capitan encargado, *Alejo Lasarte*.—V.° B.°—*Campuzano*.

RELACION *que demuestra el resultado del tercer sorteo de libros, planos é instrumentos, correspondiente al año de* 1869, *celebrado en la Academia de Ingenieros el dia* 15 *de Febrero de* 1869.

Número de los lotes.	Número de las acciones premiadas.	ACCIONISTAS. Clases.	ACCIONISTAS. Nombres.	PREMIOS.
1.°	158	Teniente.	D. Juan Villar.	Valdés: Manual del Ingeniero. Coignet: Empleo Betons Aglomers. Arajol: Fortificacion
2.°	208	Teniente.	D. Joaquin Hernandez.	Valdés: Manual del Ingeniero. Arajol: Fortificacion. Sanchez Osorio: Profesion Militar. Almirante: Guia del Oficial en Campaña.
3.°	270	Sold. Alum.	D. Angel Lara.	Valdés: Manual del Ingeniero. Arajol: Fortificacion. Sanchez Osorio: Profesion Militar.

Guadalajara, 17 de Febrero de 1869.—El Capitan encargado, *Alejo Lasarte.*—V.° B.°—*Campuzano*

RELACION *que demuestra el resultado del cuarto sorteo de libros, planos é instrumentos, correspondiente al año de* 1868, *celebrado en la Academia de Ingenieros el dia* 17 *de Febrero de* 1869.

Número de los lotes.	Número de las acciones premiadas.	ACCIONISTAS. Clases.	ACCIONISTAS. Nombres.	PREMIOS.
1.°	240	Teniente.	D. Fulgencio Coll.	Richard: Aide-mémoire du Génie. O'Ryan: Arquitectura. Muñoz: Manual de puentes. Arajol: Fortificacion.
2.°	207	Sold. Alum.	D. Joaquin Ruiz y Ruiz.	Sonnet: Diccionario. Cloudel: Formules. Idem: Prácticas. Arajol: Fortificacion.
3.°	373	Alf. Alum.	D. Francisco Lopez.	Dupuit: Conduction des eaux. Arajol: Fortificacion. Almirante: Guia del Oficial en Campaña. Arteche: Agenda militar.

Guadalajara, 17 de Febrero de 1869.—El Capitan encargado, *Alejo Lasarte.*—V.° B.°—*Campuzano.*

BIBLIOGRAFIA.

FERRO-CARRILES ECONÓMICOS

SISTEMA FELL.

MEMORIA

QUE DE LAS ESPERIENCIAS VERIFICADAS EN MONT-CENIS

han presentado al Ministerio de Fomento

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DON EUGENIO BARRON,

Inspector general de 2.ª clase,

Y DON MANUEL DE ARÁMBURU,

Jefe de 2.ª clase.

Un tomo de 160 páginas con 10 láminas. Se halla de venta en la Administracion de la *Revista de obras públicas*, calle de la Montera, núm. 20, principal, al precio de 14 rs. en Madrid y 16 en provincias.

MISCELANEA.

PARARAYOS.[1]

Es en nuestro concepto tan grande la importancia del memorable descubrimiento de Franklin, que todo lo que pueda llamar la atencion sobre él y sobre su propagacion ó aplicaciones, nos parece de gran utilidad. Bajo dicho único aspecto, hemos creido conveniente poner en conocimiento de los lectores del *Memorial* las consideraciones que nos ha sugerido el estudio de una *Instruccion sobre pararayos*, publicada poco há por el competente Académico, Ingeniero industrial y Catedrático de Física, Sr. D. Eduardo Rodriguez (2).

Al encargarse cualquier constructor del establecimiento de un pararayo, es lo natural que procure encontrar reunido y ordenado todo lo que sobre la materia esté admitido y practicado hasta el dia; pues en la época actual, de incesantes descubrimientos sobre las ciencias y sus aplicaciones, el constructor que se contente, para cualquier obra, con lo que aprendió en la escuela ó academia que le confirió su título, aparecerá siempre rezagado, con descrédito suyo y de la corporacion ó clase á que pertenezca. Los que se hayan visto en el caso indicado,

(1) Este artículo debió haberse publicado en meses anteriores, habiéndolo impedido la necesidad de continuar otros trabajos ya emprendidos. (N. de la R.)

(2) Un cuaderno, con grabados.—Véndese á 10 reales en Madrid, librería de Aguado, calle de Pontejos, número 8.

saben bien que no era posible entre nosotros realizar aquel intento y que para llenar concienzudamente su cometido, debian consultar noticias, memorias ó experimentos, diseminadas en varias publicaciones, no fáciles de encontrar en momentos dados.

Dicho lamentable vacío no existe ya, gracias á la obra que hemos citado antes, la cual al mismo tiempo contribuirá á desterrar las preocupaciones y la ignorancia, que hacen sean tan escasos en España los pararayos, despues de 120 años que llevan de aplicacion.

La *Instruccion* indicada creemos sea la primera original y completa que, por iniciativa individual, se dá al público en nuestro idioma; pues no tienen tales caractéres algunas prevenciones oficiales que existen, ni las traducciones de las reglas dadas por la Academia de Ciencias de Paris, ni lo que se dice sobre pararayos en los tratados de física ú otras obras.

Tanto por este concepto, como por sus buenas condiciones, merece la obra apuntada el aprecio de todos los constructores, así como el de las personas ilustradas, y creemos debe figurar entre los libros de uso frecuente que son indispensables en las Comandancias de Ingenieros, recomendacion que hacemos espontáneamente y sin compromisos ni sugestiones, pues no tenemos el honor de tratar, ni de haber hablado jamás, al ilustrado autor del trabajo que nos ocupa, aunque le estimemos y respetemos como á una de las notabilidades científicas de nuestra nacion.

Divídese en tres partes dicha *Instruccion*: la primera contiene algunas nociones de electricidad, indispensables para comprender la teoría de los pararayos, espuestas sencilla y claramente; la segunda trata del establecimiento práctico de aquellos, y la tercera es una recopilacion de hechos (muchos de ellos ocurridos en España y hasta ahora no publicados) que prueban material y evidentemente los destructores efectos del rayo y la eficacia de los pararayos para contrarestarlos.

La segunda parte es la verdaderamente interesante para los constructores y de su estudio y observancia depende el que los pararayos cumplan con su mision. En ella se dan, con la minuciosidad indispensable, los detalles prácticos para establecer aquellos y además de mencionarse todo lo que sobre la materia preceptuan las diversas *Instrucciones* de la Academia de Ciencias de Paris, se dá á conocer (si bien no tan detalladamente como lo demás) el notable sistema de pararayos para las embarcaciones debido á Snow Harris y exclusivamente adoptado en la marina inglesa; se explica la manera de atestiguar si, á consecuencia de una descarga eléctrica, la aguja imantada ha invertido sus polos, fenómeno frecuente y que en los buques puede traer funestas consecuencias si no se advierte, y por último se indican tambien los procedimientos propuestos para reconocer, por medio de las corrientes eléctricas, cuando un pararayo se encuentra en malas condiciones, describiéndose el aparato de Cauderay, dado ya á conocer por el *Memorial* hace dos años (1).

Pero el que en general nos parezca bien la obra de que hablamos, no quiere decir que estemos completamente conformes con su autor; y á fuer de imparciales, expondremos las observaciones que acerca de ella nos han ocurrido; protestando de antemano que lo hacemos con el único objeto de llamar la atencion de los lectores habituales del *Memorial* sobre ciertos puntos debatidos, que no todos tienen posibilidad material de conocer.

El Sr. Rodriguez, de acuerdo con las últimas *Instrucciones* de la Academia de Ciencias de Paris, cree que la accion preventiva del pararayo es la menos importante y como consecuencia de esta hipótesis, establece que no se pierde gran cosa en que la punta de aquel no sea afilada y que como las que tienen

(1) Tomo XXII, *Nueva instruccion para la construccion de los pararayos:* nota de la página 20.

esta propiedad se funden fácilmente, conviene más para evitarlo, el que la punta termine en un cono, cuyas aristas formen entre sí un ángulo de 30 grados, presentando á la vista el aspecto de un embudo sin piton. Es decir, que para evitar el que una descarga eléctrica funda la punta del pararayo y le quite su accion preventiva, se le despoja desde luego de dicha accion, poniéndole un punta, relativamente, roma.

Esta consecuencia de la Academia, ha sido vivamente combatida como poco lógica, aun en la misma Francia. Véase lo que acerca de ella escribe un antiguo Ingeniero militar: «La Comision académica ha dicho *suprimamos las puntas agudas*, esto es, suprimamos la descarga silenciosa de las nubes, restablezcamos la fulguracion sobre los edificios protegidos, dejemos que haya relámpago, ruido y todo lo que impresiona penosamente á las personas tímidas y nerviosas y fortifiquemos la preocupacion contra los pararayos, que es tan general aun, en vez de tratar de destruirla. En una palabra, renunciemos respecto de los pararayos á su cualidad más preciosa, más eminentemente protectora y más propia para popularizarlos. Esta es la traduccion literal de la decision académica (1).»

El autor de estas líneas, así como los demás que sostienen la misma opinion, citan en apoyo de esta las experiencias hechas y presentadas á la misma Academia por el Ingeniero Sr. Perrot, las cuales parecen tan decisivas, que no podemos menos de hacer aquí un extracto de ellas, segun las publicó el periódico oficial de la misma corporacion (2).

A un disco metálico fuertemente electrizado que venia á representar el papel de una nube tempestuosa, se le fué aproximando gradual y lentamente, un boton, tambien metálico, hasta que llegó este á un punto en que saltó la chispa: un elec-

(1) *De la construction des paratonnerres: quelques reflexions pour la rapport de l'Academie, du 14 Janvier* 1867.—Paris, 1868.

(2) *Comptes rendus de l'Academie des Sciences.*—Vol. LVIII (1864).

tróscopo colocado sobre el disco, indicó en el mismo instante, que la tension eléctrica habia disminuido considerablemente, aunque sin desaparecer del todo: medida la línea recta entre el boton y el disco en el momento de saltar la chispa, se tomó esta distancia por unidad, para la comparacion con las demás experiencias. En seguida, se electrizó de nuevo el disco y se le aproximó, en los términos ya indicados, una punta de pararayos de las propuestas por la Academia: á la distancia de 12 unidades, dicha punta egerció ya accion neutralizante sobre el disco, empezó á descargarle y lo consiguió completamente. Por último, vuelto á cargar el disco se le presentó una punta afilada y se comprobó que su accion neutralizante se hacia sentir sobre el disco, hasta llegar á descargarle sin ruido ni chispa, á una distancia de 170 unidades, es decir, 13 veces mayor que á la que se vió obraba la punta indicada por la Academia.

Nadie que sepamos, ha puesto en duda la exactitud de estas notables experiencias á pesar de que hace cinco años que son conocidas y mientras no se opongan á ellas otras muy decisivas, no parece que deba tenerse en poco la accion preventiva de los pararayos, tal como la juzgaban Franklin, Gay-Lussac y Arago y como la establecen la mayoría de los físicos. Si la punta afilada no puede dar paso á las fuertes descargas eléctricas sin fundirse y se pretende naturalmente buscar medio de evitarlo, parece desde luego como más eficaz y lógico que el propuesto por la Academia, el de terminar el pararayo por varias puntas afiladas en vez de una sola, no para casos particulares únicamente, como indica el Sr. Rodiguez al tratar de esto, sino siempre que se quiera tener un pararayo en las mejores condiciones.

Esto es lo que ha propuesto el Ingeniero Perrot (1) y han aprobado físicos eminentes, *armar la aguja del pararayo con varias puntas afiladas, divergentes y construidas de un metal muy buen conductor*, con lo cual se consigue tambien ensanchar la

(1) *Comptes-rendus* etc.—Vol. LVI (1862).

zona de proteccion (1): esto es asimismo lo practicado, con diversidad de detalles, en muchos puntos de Alemania, Inglaterra, Suiza y los Estados-Unidos de Norte-América y esto es lo que en nuestra misma España se tuvo antes por más acertado, pues tenemos á la vista un informe del ilustre General de Ingenieros Don Francisco Sabatini, fechado en 24 de Marzo de 1795, acerca de los pararayos con que habian de armarse los almacenes de pólvora que se construian entonces, extramuros de Cádiz, en el cual se propone que cada almacen tuviera dos agujas, unidas entre sí por su pié y que terminase cada aguja en cinco puntas de plata sobredorada, colocadas una verticalmente y las otras en cruz formando con aquella ángulos de 60 grados; con diversas prescripciones más, algunas muy notables para aquella época (2).

Y no sólo es conveniente este sistema para evitar la fusion de las puntas afiladas, únicas, y para aumentar el espacio protegido, sino tambien para que la salida del fluido eléctrico sea veloz y abundante. El mismo Sr. Perrot, en las experiencias ya citadas, demuestra que si no se verifica con dichas condiciones la salida ó desprendimiento de la electricidad, es fácil que en el momento de una descarga salten chispas á los objetos próximos al conductor, y que los dos medios más seguros para evitar esto y facilitar la salida del fluido, son: el uno, hacer que sea la mayor posible la superficie de las raices ó pie del conductor, sumergida en el depósito subterráneo de agua, y el otro terminar la aguja con varias puntas hechas de un metal muy buen conductor (3).

Al tratar de dicha comunicacion del pie del pararayo con la llamada capa ó depósito de agua subterránea, nos parece el Sr. Rodriguez menos esplícito y claro de lo que requiere la

(1) *Comptes-rendus*, etc.—Vol. LV (1862).

(2) Existe este documento en el Archivo de la Junta Superior Facultativa del Cuerpo. Tambien D. Tomás de Morla habla de esta disposicion de las puntas en su *Tratado de Artilleria*, tomo 1.°; edicion de 1816.

(3) *Comptes-rendus*, etc.—Vol. LVI (1863).

importancia de la cuestion, pues los espedientes que indica de terminar el pararayo en un pozo seco relleno de carbon ó de hacerlo rematar en una alcantarilla de aguas fluviales, no armonizan con los preceptos que tambien establece, de buscar la capa de agua subterránea, sea cualquiera su profundidad y de no terminar nunca el conductor en un recipiente de paredes infiltrables (1): creemos que debian haberse concretado, en lo posible, los casos particulares en que habria que prescindir de estos últimos principios generales y adoptar aquellos espedientes, pues en un manual práctico, como el libro del Sr. Rodriguez, no debe darse lugar á vacilaciones y á que, por escoger sin criterio lo más económico, se establezcan pararayos que no ofrezcan seguridad. Con este mismo objeto, hubiéramos deseado ver una explicacion muy clara de lo que convencionalmente se designa con el nombre de *capa de agua subterránea*, como se dá en la *Instruccion* de la Academia de Paris de Enero de 1867, que en esta parte y en general respecto á la claridad y precision, nada deja que desear (2).

Otra cuestion hay en que el infatigable Ingeniero Perrot, y con él los Sres. Babinet, Dumas y otros físicos notables, están en desacuerdo con las prescripciones de la Academia de Paris, seguidas fielmente por el Sr. Rodriguez, y es la de si se han de unir ó no los conductores de un pararayo con las partes metálicas de alguna consideracion que pueda haber en los edificios ó construcciones á quienes aquel preserva. La Academia

(1) Segun noticias que ha tenido la bondad de comunicarnos el Dr. Joseph Henry, profesor en *The Smithsonian Institution* de Washington, en las poblaciones de Norte-América que tienen acueducto, suelen terminarse las raices del conductor enroscándolas en los tubos de distribucion del agua; medio ingenioso y económico, pero que solo debe emplearse cuando el acueducto reciba las aguas rodadas y no cuando se usen máquidas elevatorias, á menos de no adoptarse en la toma de aguas precauciones especiales que eviten un accidente desgraciado, ó á menos tambien de que los sobrantes formen corriente caudalosa que vaya á desembocar á un rio ó al mar.

(2) Véase la traduccion ya citada de dicha *Instruccion*, en el tomo XXII del *Memorial*.

prescribe que si deden unirse, y el Sr. Perrot, por el contrario, opina, fundado en experiencias que parecen muy concluyentes (1), que hay más inconvenientes que ventajas en dicha union, pues que los cuerpos metálicos puestos en comunicacion con el pararayo, despiden chispas á los cuerpos conductores próximos, en el instante de caer el rayo sobre aquel; cuyas chispas no se producen ó son insignificantes cuando no se ha establecido la citada comunicacion.

Siendo dicha cuestion esencialmente práctica y no de aquellas en que está se aviene desde luego con la razon, como la de las puntas múltiples, nos parece que, para evitar las vacilaciones de que antes hemos hablado, el Sr. Rodriguez ha obrado prudentemente en adoptar una de las dos opiniones y atenerse á ella exclusivamente; pero no podemos menos de lamentar que no se hayan hecho experiencias en grande escala que pusieran fuera duda, en lo posible, un punto tan importante para el establecimiento de los pararayos, ó que no se hagan públicas las razones que ha tenido la Comision de la Academia para sostener invariable su opinion, despues de conocer las experiencias del Sr. Perrot.

Por nuestra parte, si hoy, tal cual se halla la cuestion, tuviéramos que establecer pararayos en un edificio que contuviera gran cantidad de metales, uniríamos sin vacilar el sistema ó sistemas que ellos formasen con los pararayos; pero al mismo tiempo, trataríamos de hacer más eficaz por todas partes la accion preventiva, aumentaríamos el número de puntas afiladas en cada aguja, colocaríamos además multiplicadas puntas en todas las superficies del edificio, así como en sus salientes más pronunciados y no temeríamos las descargas secundarias que trata de evitar el Sr. Perrot, pues las nubes más electrizadas se descargarian al pasar cerca ó por cima de la construccion así preservada, como nos dice el Sr. Rodriguez

(1) *Comptes-rendus*, etc. Vol. LIV (1862).

sucede en la gran basílica Vaticana de Roma, que es entre todos los edificios con pararayos, el que posee el sistema de ellos más completo y mejor establecido. Esto es lo que aconsejamos á nuestros compañeros que ejecuten en el caso particular de que tratamos, como medio seguro de no equivocarse en el estado actual de esta cuestion.

Respecto del metal más conveniente para construir las puntas, el Sr. Rodriguez prefiere en absoluto el platino por su poca fusibilidad y pone en quinto lugar el cobre, si bien opta por este en muchos casos, en atencion á su bajo precio y á la facilidad de poder trabajarlo un obrero mediano, en cualquier parte. Nosotros discordamos de esta opinion y preferimos el cobre rojo, cuando por razones económicas no puedan emplearse la plata ó el oro, pues dando mucha importancia á la accion preventiva, deseamos que el pararayo termine en un cuerpo muy conductor, cuya posibilidad puede evitarse, como se ha dicho antes, multiplicando el número de sus puntas. El hacer estas de un metal poco conductor relativamente, es poner en el punto más importante del pararayo un obstáculo ó por lo menos una dificultad para el mejor desprendimiento del fluido eléctrico, y sabido es que la relacion de las conductibilidades del cobre rojo y del platino se representan por 0,915 para el primero y 0,079 para el segundo, siendo 1,00 la conductibilidad de la plata; números que son por sí solos bastante elocuentes.

En una *Instruccion* completa como la del Sr. Rodriguez, nos parece que debian describirse los pararayos más usados para preservar los telégrafos eléctricos, así como los para-granizos adoptados con éxito en algunos países, y decirse algo tambien sobre los construidos con paja, pues si fueran exactas las notables propiedades de este cuerpo y su aplicacion en las cercanías de Tarbes como pararayo y paragranizo á la vez, de que dió cuenta hace años el Sr. Lapostolle (1), merecian estos

(1) *Cosmos*, revista científica que se publica en Paris, tomo de 1859.—Murray: *A treatise on atmospherical electricity.*

aparatos una importante mencion como económicos protectores de las cosechas y de la habitacion del pobre, que serian tambien de aplicacion utilísima á las barracas ó tiendas de los campamentos de tropas ó de obreros (1), así como á las de los viajeros ó exploradores.

Para el mejor órden de la *Instruccion*, hubiéramos deseado tambien que la indicacion del pararayo belga de Melsen y algunas otras que figuran en la tercera parte, hubieran tenido cabida en la segunda.

Una última objecion se nos ocurre, insignificante tal vez para algunos, pero á nuestro juicio de importancia, pues creemos tal la propiedad en el lenguaje técnico, sobre todo en un manual popular. El Sr. Rodriguez llama *varilla* (traduccion de *tige*) á la parte del pararayo que sobresale del edificio protegido, y nosotros creemos más propio denominarla *aguja*, voz que segun nuestros diccionarios equivale á *barra ó instrumento que remata en punta*, mientras que *varilla* significa *barra cilíndrica*; así no habria lugar á fáciles confusiones, que se manifiestan hasta en la misma *Instruccion* que analizamos, pues en la página 49 de ella, se llama indistintamente *varilla* unas veces á la barra del conductor y otros veces la aguja propiamente dicha, con perjuicio de la claridad, tan indispensable en esta clase de escritos. La palabra *aguja* tiene además en su favor, el ser la adoptada ya por los cuerpos de Ingenieros de caminos y del

(1) Despues de escrito este artículo, llega á nuestras manos el número correspondiente al 20 de Mayo último, del periódico ya citado, *Comptes-rendus de l'Academie des Sciences*, en el que se dá cuenta de la descarga eléctrica ocurrida en el campamento de Chalons, el 7 del mismo mes, que ocasionó la muerte de un Capitan de Infantería, dentro de su tienda: la superficie exterior de esta se encontraba empapada por la lluvia y el fluido eléctrico pasó de dicha superficie á la cama de hierro, á través del cuerpo del desgraciado Capitan Lacroix, el cual se hallaba solo en la tienda; si esta hubiese sido de las de tropa, las desgracias hubieran sido probablemente varias. Una tienda próxima, mayor y más elevada que la del Capitan, quedó intacta y debe atribuirse á que en los ángulos superiores tenia por remates hierros de lanzas; nuevo ejemplo de la eficacia de las puntas agudas.

ejército y por otros constructores (1) razon que valdria poco si la acepcion indicada fuera impropia, pero que siendo, como parece, la más exacta, la dá mayor autoridad.

Dicho ya, aunque con harta franqueza y escasa competencia, lo que se nos ocurre sobre la interesante obrita del señor Rodriguez, no concluiremos este artículo sin llamar muy especialmente la atencion de los diversos Ministerios, de las corporaciones provinciales y municipales, así como la de los particulares, acerca de la importancia de los pararayos en los edificios y monumentos, importancia que si en algun tiempo llegó á parecer dudosa, hoy ya no lo es para las personas ilustradas como patentemente se demuestra en la tercera parte de la *Instruccion* del Sr. Rodriguez (2). En ella consta, además de la eficacia y necesidad de los pararayos, nuestra inercia é improvision para darlos á conocer y propagarlos y se llama la atencion sobre el hecho, nada halagüeño para la nacion, de que el magnífico monasterio del Escorial, depósito de tesoros incalculables de todas clases, carezca aun de pararayos, á pesar de ser muy frecuentes las tempestades en la localidad y de que el mismo edificio ha sufrido, en varias ocasiones, incendios y deterioros producidos por las descargas eléctricas.

Muchas otras citas pudiéramos añadir á esta, de edificios

(1) Véanse las traducciones hechas por los dos cuerpos citados de las *Instrucciones* de la Academia de Ciencias, litografiada la una y la otra inserta en el tomo 3.º de la *Revista de obras públicas:* véanse tambien los tomos III y XXII del *Memorial de Ingenieros* y la palabra *pararayo* en los *Diccionarios de Arquitectura civil* de Eguren y de Matallana.

(2) En algunos repuestos de las baterías acasamatadas de Cherburgo han dejado de ponerse pararayos, fundándose en la poca conductibilidad de las mamposterías y en el poco relieve de las construcciones sobre el mar, que las rodea. Por semejante raciocinio tampoco deberian tener pararayos los buques de madera y nos parece el ensayo muy arriesgado para una economía insignificante, pues el gasto mayor, producido casi siempre por la dificultad en hacer llegar el conductor al depósito comun, no es apreciable en este caso particular. La Academia de Ciencias de Paris ha sido consultada acerca de si se haria lo mismo en las demás baterías que deben construirse, pero no ha dado aun su dictámen.

antiguos y modernos de nuestro país que, siendo públicos é importantes, no tienen tampoco pararayos; pero haciéndolo pudiéramos tal vez herir la susceptibilidad de personas ó corporaciones respetables y esto se halla muy lejos de nuestro propósito. Bástanos llamar la atencion sobre las irreparables desgracias que pudieran sobrevenir por dicha falta de precaucion, sobre todo en los edificios donde se alojan muchas personas, ó en los que hay depositadas grandes riquezas artísticas ó bibliográficas ó materias explosibles. La responsabilidad que un incendio producido por el rayo en un edificio semejante, haria caer sobre el Arquitecto ó Ingeniero encargado de él, seria inmensa, aun siendo solamente moral, y el medio de librarse de ella oportunamente, es harto sencillo y de bien escaso valor relativo.

Fíjense tambien en esto las autoridades y sobre todo las Juntas consultivo-facultativas que tiene el Estado en varios de sus ramos, á las cuales no dejaria de alcanzar parte de la responsabilidad que hemos apuntado y procuren contribuir á que el Gobierno dicte una medida general, que disponga: 1.° que no se construya en lo sucesivo ningun edificio público sin pararayos; 2.° que se obligue á establecerlos dentro de un plazo, en aquellos ya construidos que no los tuvieren; 3.° que se haga constar estos preceptos en todas las ordenanzas municipales de las poblaciones, que otras disposiciones contienen menos justificadas y más costosas; y 4.° que se expliquen nociones de lo que son los pararayos y sus ventajas en todas las escuelas normales y de instruccion primaria. Con estas medidas España daria una prueba de cultura práctica y se pondria delante de otras naciones más importantes, que no tardarian en seguir sus huellas; pues en algunas ya se ha propuesto, como un progreso, algo de lo que hemos indicado, sin haberse logrado aun que llegue á ser un hecho. Obrese en esto con alguna energia, de la que sobra para resolver y sostener lo resuelto en materias más cuestionables que la que nos ocupa y nuestra pátria será alguna vez,

respecto de una aplicacion de la ciencia, imitada y no como siempre, imitadora.

Finalmente, el estudio detenido y científico de todas las descargas eléctricas que se verifiquen en localidades diversas y cuyos efectos puedan observarse y describirse exactamente contribuye en mucho al adelanto de este ramo de la ciencia y puede ocasionar ventajosas modificaciones en el sistema de pararayos admitido. A todas las personas que poseen algunos conocimientos de física y con más razon á los individuos de los cuerpos facultativos, civiles y militares, les es posible dedicarse á dicho estudio sin gran trabajo: ordenando despues sus observaciones, redactándolas con claridad y dirigiéndolas á la Academia de Ciencias ó á otra corporacion científica, pueden fácilmente y sin necesidad de laboratorio ni de hacer grandes gastos, contribuir de algun modo á los progresos de la ciencia, al buen nombre del país y al bien de la humanidad.

Si cualquiera de estas indicaciones mereciera alguna aceptacion, nuestro insignificante trabajo quedaria sobradamente recompensado.

M. B. A.

MISCELANEA.

PARARAYOS.

Con una deferencia que no acostumbran tener los autores de cuyas obras se ocupa la prensa, el Sr. D. Eduardo Rodriguez se ha creido en el deber de contestar á las observaciones publicadas en nuestro número anterior, acerca de su interesante *Instruccion sobre pararayos*.

Aunque no es el *Memorial* periódico de polémica, nosotros damos con gusto cabida en sus columnas á la carta del Señor Rodriguez, anotada por el autor de las observaciones á que contesta, como responsable de las opiniones que emitió.

Dicha carta dice así:

Sr. Director del Memorial de Ingenieros.

Muy Sr. mio: He leido un artículo que se ha insertado en el *Memorial* que V. tan dignamente dirige, cuyo artículo, suscrito con las iniciales M. B. A., se ocupa de una publicacion mia relativa á pararayos. Voy á contestar á las observaciones que el Sr. M. B. A. ha tenido á bien hacer sobre mi trabajo, esperando de la amabilidad de V. se servirá disponer que tenga tambien cabida mi contestacion en su apreciable periódico.

Empezaré dando gracias al autor del artículo por los inmerecidos elogios que hace de mi humilde persona, aunque estoy bien seguro que son frases de urbanidad no debidas á mis merecimientos, sino dictadas por la amabilidad y distinguida educacion del autor.

Ocupándome de la parte crítica del artículo, encuentro que el Sr. M. B. A. no está de acuerdo con la Academia de Ciencias de París, que cree que la accion preventiva del pararayo es la menos importante: yo me atreveria á preguntarle: ¿cuál es el objeto de un pararayo? Creo que el principal es evitar los efectos funestos del rayo en los edificios; luego la accion preservativa es antes que todo, y por tanto, secundaria la preventiva (1). Pero el autor de las observaciones, exagerando los hechos, dice que «para evitar que una descarga funda la punta »del pararayo y le quite la accion preventiva, se le despoja »desde luego de dicha accion, poniéndole una punta relativa»mente roma.» ¿Cómo se le ha de quitar la accion preventiva con una punta de la forma que propone la Academia? ¿No cita el autor despues los esperimentos del Sr. Perrot, y de ellos resulta que estas puntas son eficaces tambien (2)? Una punta, más ó menos aguda, siempre da salida al fluido, y precisamente para que se conserve permanente la accion preventiva, aun admitiendo que es la menos importante, ha aprobado la Academia las puntas menos agudas, pues cree, y hasta ahora no hay ejemplo que pruebe lo contrario, que estas puntas no pueden fundirse con una descarga eléctrica, y las antiguas se han fundido y roto muchas veces, en cuyo caso el pararayo ha perdido por completo su accion preventiva (3). Las

(1) Para nosotros un pararayo tiene por objeto primordial prevenir el rayo, es decir, evitar que estalle; y solo en el caso de no poder conseguirlo debe servir para preservar el edificio en que está colocado, de los efectos funestos de aquel. Que lo primero es posible con las puntas afiladas, es indudable en teoría y además el Señor Rodriguez lo prueba con varios ejemplos prácticos en su *Instruccion* (página 81); y como aunque cayera el rayo, despues de haber sido neutralizado parte del fluido de la nube, sus efectos serian mucho menos graves y temibles, de aquí es que no podamos considerar como secundaria la accion preventiva.

(2) Su eficacia se reduce á menos de $\frac{1}{14}\left(\frac{12}{170}\right)$: creemos que va muy poco de esto á despojar casi al pararayo de su accion preventiva.

(3) El problema que habia que resolver, puesto que las puntas afiladas se funden, era buscar un medio de evitarlo, quedando por lo demás aquellas con todas sus propiedades; pero impedir la fusion de las puntas á costa de su cualidad más preciosa, no es verdadera solucion, ni puede mirarse como innovacion ventajosa.

puntas que se indican, son eficaces para prevenir las descargas, y no se funden con ellas; por eso se han adoptado en Francia sin dificultad á pesar de las objeciones presentadas por algunos, muy pocos, contradictores (4): yo no he hecho más que escoger la opinion de la mayoría, donde he encontrado los hombres más eminentes en la ciencia, sin tener en cuenta que esta opinion es tambien la mia. Se propone colocar muchas puntas en los pararayos, y yo no lo rechazo en mi *Instruccion*, pero en la mayor parte de los casos, por economía ó dificultades de construccion, no será esto posible: y téngase entendido que las mismas razones que hay para poner la punta ménos aguda, cuando es una sola, encuentro para cuando es múltiple, pues en el momento que una punta delgada se inutilice por efecto de una descarga, queda enteramente ineficaz al lado de las otras, y podrá suceder que descargas repetidas, quiten su accion preventiva á un pararayo de varias puntas agudas, al paso que el de una sola, menos aguda, conservará siempre esta accion (5).

---

(4) En Francia, los Sres. Babinet, Dumas, Morin, Moigno, Gavarret, Barral, H. de Parville, y otros, han juzgado muy convenientes las puntas múltiples de Perrot, atacando más ó menos las de la Academia. Véase lo que á propósito de esto dijo el Sr. Moigno, en su acreditada revista *Les Mondes* (tomo XVII, página 486) con motivo de la última instruccion de la Academia: «Sentimos en extremo hacer constar que la comision, obstinada en una rutina desconsoladora, para nada ha aprovechado los inmensos progresos realizados en Inglaterra por W. Snow Harris, ni los estudios profundos, las observaciones delicadas y las rectificaciones de errores de bulto, que ha hecho en estos últimos años un mecánico eminentemente ingenioso, el Sr. Perrot, de Rouen, el cual, por medio de multiplicados experimentos, ha destruido casi todas las bases de las teorías admitidas y que servian de punto de partida para establecer los pararayos. Trabajos tan importantes pasan para nuestra Academia de Ciencias, como si no existieran. ¡Qué verdad tan dolorosa!»

En Inglaterra, Alemania, Suiza, Italia y los Estados-Unidos, paises en que los pararayos abundan mucho más que en Francia, no están admitidas las puntas propuestas desde hace 14 años por la Academia de Paris: por el contrario, las puntas múltiples y afiladas se generalizan.

(5) Al acercarse una nube electrizada á un pararayo de varias puntas, ejercerá su accion sobre todas ellas, y no sobre una sola. Ahora bien, cuando se produzca una descarga, la misma cantidad de fluido que hubiera hecho fundirse á una punta

En cuanto á la manera de terminar en el suelo el pararayo, me parece, no solo haber sido bastante esplícito, sino hasta demasiado prolijo, pero sin duda he empleado muchas palabras y no he logrado darme á entender con ellas. He dicho en mi *Instruccion*, que se busque la capa de agua; pero de no encontrarla despues de haber llegado á mucha profundidad, puede emplearse el medio que se propone: creo que está bien determinado el caso: y he hablado precisamente por esperiencia propia, pues en uno de los pararayos que he tenido ocasion de establecer, llegué á bastante profundidad sin encontrar agua, y no tuve inconveniente en establecer el conductor segun las reglas que he dado.

Se ocupa el autor de las observaciones, de si es conveniente ó no el unir al conductor las partes metálicas de alguna consideracion que tienen los edificios, y puesto que conviene conmigo, no hay cuestion; sin embargo, algunos de los casos ocurridos, que cito, pueden servir para desterrar la duda sobre este particular.

Dice el Sr. M. B. A., y aquí no está exacto, que yo prefiero en absoluto las puntas de platino: se pone en la *Instruccion* que «todas tienen ventajas y todas son buenas» (6) tratándose de preservar el edificio; pero precisamente para que la accion preventiva sea menos fácil de perder, cosa en que tanto insiste el autor de las observaciones, es por lo que se pone en primer lugar el platino; y diré de paso, que si las puntas han de ser delgadas como el mismo quiere, habrán de ser indispensable-

---

única, distribuida entre varias, nunca desarrollará calórico suficiente para fundir á ninguna de ellas, con tanta más razon, cuanto que la nube electrizada se habrá descargado en gran parte al acercarse al pararayo de puntas múltiples, y que si estas son de un metal mejor conductor que el platino, la mayor facilidad para el desprendimiento del fluido, hará menos intensos sus efectos físicos.

(6) Pero se añade: *Sin embargo, si se nos pide un órden, no teniendo en cuenta el precio, marcaremos el siguiente: platino, oro, plata, paladio, cobre, hierro.* Creemos que esto es lo que se llama preferir *en absoluto*, y prescindiendo de las ventajas *relativas* que pueda tener un metal sobre otro en los diversos casos que puedan ocurrir.

mente de platino, pues de cobre, metal que prefiere, quedarian rotas ó fundidas muy pronto (7).

No he descrito los pararayos de telégrafos eléctricos, por creer que no estaban en su lugar en mi *Instruccion*; hubiera sido necesario entrar en esplicaciones un tanto largas y poco comprensibles para la generalidad y además, en los tratados de telegrafía, tienen su verdadero lugar y allí es donde se irán á buscar siempre, y no en mi *Instruccion*, aunque estuvieran esplicados en ella. En cuanto á los paragranizos, no he creido deberlos mencionar, entre otras razones, porque para mí es por lo menos dudoso ese *éxito* que han logrado en los paises que los han adoptado. He indicado el sistema propuesto por Melsen, pero yo no le adoptaré hasta que la esperiencia le haya sancionado.

La última objecion es sobre si debe emplearse el nombre de varilla ó de aguja. En este punto no promoveré cuestion: yo he adoptado el nombre de varilla, que me ha parecido mejor, como en muchos casos he adoptado tambien nombres, á pesar de usarse distintos por otras personas. Creo que la Academia de la lengua deberia anticiparse en todos los muchos casos que ocurren con el progreso rápido de la ciencia. Estoy tocando con mucha frecuencia la dificultad de tener que adoptar un nombre que me satisface más ó menos y que otros varian segun les parece.

Terminaré asociándome al autor de las observaciones, en la última parte de su artículo, sobre la importancia que dá á los pararayos y los medios que propone para generalizarlos; las

---

(7) Siendo varias las puntas en que termine el pararayo, lo dudamos, por lo indicado en la nota 5.

Terminamos aqui nuestras observaciones á la carta del Sr. Rodriguez, pues los demás puntos de que trata son puramente de apreciacion, y de la exactitud de esta pueden juzgar, sin más aclaraciones, los que lean detenidamente nuestro artículo y esta carta, teniendo á la vista la *Instruccion* á que se refieren ambos escritos.

Mariano Bosch y Arroyo.

mismas ideas me han guiado y han sido el móvil principal de mi trabajo y repitiéndole las gracias por sus corteses frases con respecto á mí, aunque conozca que no son merecidas, se ofrece suyo y de V. Sr. Director S. S. S. Q. B. S. S. M.

EDUARDO RODRIGUEZ.

Madrid, 11 *de Agosto de* 1869.

En el número correspondiente al 23 de Julio último, publicó el periódico inglés *The Engineer*, el artículo que traducido insertamos á continuacion, pues ofreciendo cierto interés de actualidad el arma á que se refiere y que tan útil puede ser para la defensa de toda clase de obras, no queremos retrasar el darla á conocer á nuestros lectores.

AMETRALLADORA BELGA.

El cañon múltiple belga ó ametralladora, de cuya fotografía oficial ofrecemos una copia á nuestros lectores, aunque el arma más moderna de las de esta especie, no es otra cosa que un modelo perfeccionado de un invento muy antiguo. Como instrumento ó pieza de guerra de la indicada clase, la noticia de su poder destructor ha impresionado siempre vivamente la imaginacion de los observadores poco prácticos, y de aquí ese gran valor que se le ha dado y del que en realidad carece. Sin embargo, para unos cuantos usos especiales puede prestar señalados servicios, y por esta razon nos proponemos trazar rápidamente su historia y esponer asimismo algunas observaciones críticas acerca de las diferencias de construccion con que para llenar distintos fines ha hecho su aparicion repetidas veces; verdadera naturaleza y objeto de esta clase de armas, y límite de su valor como instrumento militar.

Las piezas de cañon múltiple, de la misma especie que las que usa la artillería de campaña, son conocidas desde muy antiguo, y apenas si habrá algun gran Museo ó Armería en Europa (1) que no posea varios ejemplares en bronce y algunos tambien en hierro dulce, con diversos calibres y conteniendo cada uno de dichos modelos desde dos hasta quizás una docena de cañones independientes. Estos se hallan colocados algunas veces al rededor de un cañon central; con más rareza agrupados de tal modo, que el plano de las bocas presenta la figura de un tablero de ajedrez, correspondiendo un cañon al centro de cada cuadro; y á menudo estendidos horizontalmente en un mismo plano. Una antigua y curiosísima pieza de campaña, de cortas dimensiones y doble cañon, existia en el Museo de Artillería de París: ambos cañones divergian ligeramente, estaban colocados en un plano horizontal y disparaban á la vez. Los proyectiles sólidos, uno para cada cañon, estaban unidos por una cadena de algunos metros de longitud; y se decia, que separándose horizontalmente las balas en un camino divergente, quedaria barrido este por la cadena á la altura de 1^m á $1^m,30$ sobre la tierra, dividiendo y destrozando aquella cuantos hombres encontrase en su trayecto: estraño error en asunto de tal naturaleza, y en las leyes de la balística con él relacionadas; pero dicha arma aunque parecida, no es precisamente aquella de que nos proponemos tratar. En la antigua Armería de nuestra Torre de Lóndres, antes del incendio, en el cual creemos que quedó destruida, existia una curiosa y bellísima pieza de campaña, de bronce y ánima lisa, con siete cañones,

(1) En el Museo de Artillería en Madrid existen varios modelos de armas de fuego de cañon múltiple denominados órganos, uno de los cuales tiene nueve cañones de metal. El del medio está fijo y pueden girar los restantes por el estremo de sus recámaras por donde están sujetos á una plancha de metal, hallándose colocado el todo sobre un caballete de madera para su servicio. Tambien hay una maquina compuesta de siete cañones reunidos, los cuales son de hierro, calibre de á 16 y de igual espesor de metales (6 milímetros) en toda su longitud. Cada cañon se carga con 32 tiros y á todos ellos se les dá fuego con una sola llave de chispa. (*Nota del Traductor.*)

uno de ellos central; y en la galería de la Historia del trabajo en París, en 1867, departamento dinamarqués, se espuso una preciosa pieza, con triple cañon de bronce y ánima lisa, calibre de á 3, en la cual se hallaban los tres cañones en un plano horizontal; era del tiempo de Cárlos XII y debió construirse por los años de 1600 á 1700. Algunas de dichas armas de múltiple cañon que el autor de estas líneas ha tenido ocasion de ver en las antiguas colecciones alemanas, no tienen mayor calibre que los vetustos mosquetes del tiempo de la Reina Ana y todo el que se tome la molestia de examinar los trabajos practicados en épocas anteriores sobre artillería, ó los números atrasados al menos de las publicaciones que tratan de máquinas en este país, encontrará diferentes proyectos, más ó menos útiles y hasta impracticables quizás, para armas de la espresada clase.

Sin embargo, solo en estos últimos tiempos y como consecuencia de la adopcion de las armas rayadas para el armamento de los ejércitos, es cuando ha vuelto á pensarse en las armas de más de un cañon, realizándose la espresada idea en una gran escala.

Dichas armas pueden dividirse en dos clases: las que disparan todos sus cañones á la vez ó por andanada, y las que lo verifican sucesivamente con más ó menos rapidez segun se desee. Las primeras se llaman cañones-andanadas (*volley guns*) y las segundas ametralladoras.

El General Vandenburgh, del ejército de los Estados-Unidos, perfeccionó un cañon de la primera clase en 1864, y lo exhibió en Lóndres aquel mismo año; pero segun tenemos entendido, los señores Robinson y Cottan fueron los que adquirieron en Inglaterra el privilegio de invencion y los derechos consiguientes. En aquella fecha, se publicó por Mitchell, Charing Cross, un folleto descriptivo de dicha arma, redactado por el General Vandenburgh, de cuyo escrito solo diremos ahora que en él se exageraron estraordinariamente la utilidad y el poder de esta clase de armas.

El cañon Gatling, del nombre de su inventor, y que viene á ser una verdadera ametralladora, se exhibió como procedente de Indianopolis, en el departamento americano, en París en 1867, pues por pequeñas que sean las ventajas prácticas de los inventos americanos, las ponderan siempre lo bastante para escitar el interés en su favor, como ha sucedido en este caso.

Un cañon-andanada francés, bastante raro en verdad, se exhibió tambien en Paris en 1867, con el título de *Pieza de campaña*, inventada por el Teniente general de Artillería del ejército francés, Daulle. Consistia en una pieza de bronce que se cargaba por la recámara, compuesta de un ánima central de dos pulgadas de calibre próximamente, la cual estaba rodeada de otros doce cañones abiertos á taladro en el mismo sólido de bronce, cada uno de los que lanzaban un proyectil de mayor tamaño que el en uso en las armas portátiles, siendo rayados todos los espresados cañones, incluso el central. Una vez introducidos los cartuchos y proyectiles en la recámara comun, quedaba cerrada esta por una plancha de bronce, cuya cara anterior contenia varias estrías en direccion de los rádios, dispuestas de manera que la esplosion del gran cartucho central, al cual se le daba fuego por percusion ó friccion, comunicaba este á los otros más pequeños que le rodeaban. Difícil es formarse idea de las ventajas concretas que se propusieran obtener con este invento, puesto que ofrece un resultado tan distinto del que lógicamente debia esperarse de los principios adoptados y fin propuesto, lo cual es ciertamente el carácter distintivo de la mayor parte de los inventos franceses, civiles y militares; pero si creemos pudiera establecerse como máxima la más adecuada y evidente, que en las armas compuestas de varios cañones, de cualquier clase que sean, el calibre y peso del proyectil y de la carga deberá ser el mismo para todos los cañones, y esto por razones tan obvias, que no exigen mayor esplanacion. En diversos parajes de la esposicion de 1867, se encontraban además otras muchas piezas, ó mejor dicho, ar-

mas de fuego, cuyo objeto era proporcionar repetidos disparos á cortos intervalos, susceptibles de reproducirse con tal rapidez, que de hecho llegáran á constituir una sola y prolongada descarga: pero pertenecian todas ellas á la clase de armas repetidoras, cargándose por la recámara, y son por consiguiente estrañas al objeto de nuestra actual reseña.

La última arma de cañon múltiple, la ametralladora de Mr. de Montigni de Bélgica, de la que acompañamos una vista, se asegura es la misma con la que se hicieron esperiencias el año anterior por las autoridades militares francesas, y de cuyos resultados prácticos en el polígono de Vincennes se han hecho descripciones y corrido rumores tan marcadamente exagerados. La ametralladora belga, se compone de 37 cañones rayados de acero, uno de los cuales ocupa el centro ó eje, siendo todos ellos próximamente del pequeño calibre adoptado para los fusiles actuales.

La forma esterior de dichos cañones, es la de prismas exagonales; de modo, que al reunirlos se adaptan unos á otros y constituyen una especie de cilindro, el cual está fijo dentro de una envuelta tubular de hierro dulce, torneada y pulimentada, estando todos los cañones soldados unos á otros y con el interior del tubo. La parte posterior de este consiste en un estribo ó marco en forma de *U*, dentro de cuyas ramas verticales ó lados está la caja que contiene las recámaras municionadas y dispuestas para ser colocadas sucesivamente. El referido tubo, ó sea el arma completa, se monta por medio de muñones sobre las sólidas gualderas de madera de una ligera cureña de campaña de doble cola, la cual está provista del correspondiente tornillo de puntería y de otro horizontal de coincidencia. El punto de mira de la recámara es movible en sentido vertical, para arreglar la puntería segun las distancias, etc., y la línea de tiro ó separacion entre los puntos de mira, es de unos 75 centímetros de longitud.

La recámara es un paralelepípedo sólido con 37 taladros y

detrás de cada uno de dichos huecos ó cámaras hay una llave, es decir, un muelle en espiral y un disparador, que al quedar en libertad, empuja fuertemente á una aguja hasta introducirla en el centro del cartucho que tiene delante, y de este modo se inflama la carga. Un mango que se proyecta detrás y en prolongacion de la pieza, se enchufa sólidamente por su parte anterior con la recámara, á la cual conduce á su sitio, ó la estrae de él cuando debe ser reemplazado por haberse consumido los cartuchos que contenia. A un lado del arma se ve en la misma figura una manivela por medio de la cual se ponen sucesivamente en accion las diversas llaves que van disparando los respectivos cañones, por manera que la rapidez del fuego depende únicamente del que está manejando la manivela.

Asegúrase que cada hombre puede disparar con una de estas armas 350 tiros al menos por minuto; pero añadiremos que este aserto exige confirmacion, pues aunque no dudamos que un solo hombre puede dar fuego á todos los cartuchos contenidos en 10 recámaras ó planchas, dado caso de que pudieran colocarse estas en su sitio en dicho tiempo, creemos de todo punto imposible que dejen de necesitarse otros cinco minutos al menos para reemplazar con recámaras cargadas las que ya hayan gastado sus municiones; y á la verdad, dudamos de la posibilidad de colocar y estraer 10 recámaras ó planchas en 60 segundos. Este dato no tiene sin embargo mucha importancia, porque no hay duda de que la rapidez del tiro es grande, toda vez que el Mayor G. V. Fosbery, que ha estado haciendo investigaciones acerca de esta arma en el estranjero, vió en las esmeradas prácticas de la artillería belga, descargar 10 recámaras en tres minutos, disparando contra un blanco de pantalla en los campos de Brascäat.

Dichas esperiencias parece que fueron hechas á distancia de 400 metros y á la máxima de dos y media veces la anterior, ó sea á 1900 metros, teniendo el blanco cerca de 30 metros de largo por 2,75 de alto, menos en la porcion central, corres-

pendiente á una cuarta parte de la longitud, en la que la altura era de 3,70 metros.

A la menor de las citadas distancias, el número de blancos se elevó al 85 por 100 de los disparos, y si no hubieran faltado algunos (nada menos que 40 en 370), la precision en el tiro hubiera sido mayor. A la distancia máxima, el acierto fué mucho menor, y tanto por la constante divergencia en el cono de dispersion, como por las otras causas de inseguridad y desvio, fué tan reducido el número de blancos, que parecia acusar falta de exactitud en las pruebas.

Seria, sin embargo, desperdiciar el tiempo el descender á mayores detalles por medio de nuevas esperiencias, pues estamos firmemente convencidos de que es enteramente secundario cuanto se refiere al efecto útil de un arma de esta clase á la distancia estrema antes indicada, toda vez, que no es ni aun presumible el que ningun Jefe esperimentado trate de emplearla en semejantes condiciones, porque es seguro que al verificarse estas, habrán sido reemplazadas ya dichas armas por la artillería.

Debemos manifestar tambien, que la construccion de cartuchos con sus proyectiles y cebos se ejecuta por medios mecánicos, así como la simultánea introduccion de los mismos en sus cámaras, y que con el auxilio de una plancha de acero agujereada, que es la que contiene los cartuchos, uno en cada agujero, sostenidos por su cuello ó parte más estrecha, se consigue la fácil y simultánea estraccion de todos ellos de la recámara, para que quede esta en disposicion de que pueda volverse á cargar. Claro es que con un simple cambio en la naturaleza de las recámaras, ó en las planchas de acero, ó en ambos á la vez, puede convertirse instantáneamente esta pieza en un cañon-andanada perfecto, verificándose al mismo tiempo los 37 disparos. Dudamos, sin embargo, que pueda obtenerse ventaja alguna apreciable en esta clase de armas, con el aumento de delicadeza y complicacion en su mecanismo que seria necesario

para convertilas en ametralladoras de descargas sucesivas. El principal uso militar de esta especie de cañones, será siempre enteramente especial, á nuestro entender, y de tal naturaleza que un fuego rápido y nutrido lo satisfará por completo.

Pero ¿cuáles serán con efecto dichos usos? Nada aparecerá tan estraño al que conozca y sepa apreciar las condiciones militares de las operaciones en campaña, como las ideas del terrible General americano, que con unas pocas veintenas de soldados armados con cañones andanadas, se propone dar cuenta de los mayores ejércitos, fundándose en que destruyendo cada descarga tantos centenares de hombres, basta solo calcular cuantas piezas serán necesarias para que á semejanza de los 10 á un tiempo del Capitan Bobadil, quede en un instante fuera de combate el completo del ejército.

Pero ni los ejércitos ni aun los regimientos esperan ser destruidos de ese modo en el campo, cuando igual efecto que el de los pequeños proyectiles de dichas armas pueden obtenerse con los de Sniders, Chassepots ó fusiles aguja, ni mayor esposicion de parte de los hombres que la muy escasa antes indicada; porque suponiendo que un soldado ó cinco puedan manejar una ametralladora; que una batería de 10 de estas no necesita más que 50 para servirla; que basten 20 caballos y conductores para los cambios de posicion y que con dicha batería se pueden *bobadilizar* $10 \times 370 = 3.700$ hombres por minuto, ó sea todo un ejército de 222.000 hombres en una hora, todavía podremos tener de un modo ú otro, sin que se tache el cálculo de exagerado, 2.000 hombres para entretener y distraer al enemigo, miéntras esté siendo destrozado á tan poca costa, cuya fuerza se hallará espuesta á todos los accidentes propios de una batalla campal y á las consecuencias que son naturales. Pero con que la mitad de ellos únicamente estén armados de fusiles rayados que se carguen por la recámara, podrá disparar unos 6.000 tiros por minuto en todas direcciones, ó 360.000 en la hora, durante la cual está siendo arrojado el enemigo fuera de

la creacion por los Gatlings ó los Vandenburghs. Y lo que es mayor desgracia aun para los apacibles medios de que se han valido estos destructores, cada 1.000 hombres del enemigo en marcha para las orillas de la Stigia, pueden juzgar á propósito el hacer un fuego semejante al de los 1.000 de la anterior hipótesis; así, pues, no creemos posible el proyecto de hacer la guerra con fusiles ó cañones máquinas y un aparato conductor para cada uno de ellos, aun cuando nuestra opinion se considere como poco facultativa ó profesional; pero esta es realmente la conclusion lógica á que conducen por efecto de su exageracion los que, como el General Vandenburgh, sostienen sériamente que dichas armas pueden y deben reemplazar por completo á la infantería y á la artillería de batalla.

No parecia propio de la índole de nuestro periódico, el que entrásemos en una larga discusion acerca de las cuestiones estratégicas y detalles tácticos que reglan el mando y movimientos de los ejércitos en campaña, materia que tan grandes alteraciones ha sufrido y sigue esperimentando bajo la influencia de la artillería rayada, y la de los proyectiles y armas portátiles tambien rayadas, cuyos efectos revolucionarios en las antiguas reglas, formaciones, maniobras y planes, no se han comprendido enteramente todavía, ni aun por los que han estudiado mejor y en circunstancias más favorables tan importante asunto.

A pesar de todo, deseamos dejar consignada en breves palabras nuestra conclusion, que es la siguiente: las personas reflexivas y sensatas no podrán discurrir sinó dos ó tres combinaciones posibles de circunstancias militares, en las que las ametralladoras ó cañones-andanadas serán capaces de producir efectos decisivos.

Se obtendrá ciertamente un resultado de este género, así por la violenta accion material, como por el efecto moral que causan dichas armas, cuando puedan ocultarse estas en baterías, en posiciones de antemano conocidas, que estén para ser

rebasadas, ocupadas ó atacadas por grandes cuerpos ó masas. Tambien en las grandes operaciones para pasos de ríos, puentes y desfiladeros, ó en batallas campales cuando pueda preveerse con algun tiempo, por corto que este sea, la reunion de numerosas fuerzas en densa formacion, no puede haber la menor duda de que la facultad que proporciona dicha especie de armas, de concentrar en brevísimos instantes un fuego terrible de infantería, desde un paraje del que no puede esperarse semejante ataque y contra el que no se está por consiguiente en manera alguna prevenido, debe producir un resultado formidable.

Cuando, por ejemplo, al terminar la accion de Waterlóo, aglomeró el Emperador su antigua Guardia sobre las laderas de la colina, con la esperanza de que una resuelta carga en columna de aquellos veteranos pudiera alcanzarle la victoria, dicha operacion fué en parte y hasta principalmente combatida por un irresistible y concentrado fuego de artillería, dirigido diagonalmente sobre el flanco derecho de la columna. Los testigos presenciales aseguran que la cabeza de la densa y apiñada columna parecia desmoronarse bajo aquel tremendo fuego y que, aun cuando toda ella estaba en movimiento, solo la cabeza pareció ganar terreno por algunos minutos, hasta que tan pesada masa quedó rota por completo y en la mayor confusion.

Si en tal momento hubieran podido desembocar 50 ametralladoras sobre el mismo flanco, verificándolo con mayor rapidez que nuestra mejor artillería ligera y abriendo el fuego á 300 ó 400 metros, la destruccion de la antigua guardia se habria efectuado de un todo.

De la misma manera, cuando Napoleon disparó á metralla con pequeñas cargas por encima del hielo sobre los destrozados y fugitivos rusos, despues de Kriedland, los resultados fueron terribles; pero si se hubiera auxiliado la operacion con una poderosa batería de ametralladoras, la destruccion habria sido completa.

Estos y algunos otros casos accidentales se presentan rápidamente á la imaginacion, como oportunidades, al menos para el empleo de dichas armas; pero su mayor aplicacion, ó mejor dicho, la sola que parece le es propia y peculiar, debe ser en la defensa, en la que siempre estamos en libertad de escoger préviamente nuestras condiciones; y tambien cuando concurran las circunstancias de que el enemigo haya de dirigir el asalto, siguiendo precisamente una vía determinada, en densa formacion y para realizar un ataque brusco. Entonces, y para usos tales como el barrido del áspero talud de la brecha practicable, en el momento en que se dá el asalto y el apiñamiento es mayor, ó para el instante tambien en que masas aisladas de hombres trepan individualmente, el disponer de ametralladoras en abundancia y situadas en parages más ó menos ocultos, debe dar un resultado de inmenso valor, debiendo suceder lo mismo en el ataque y defensa de pasos estrechos, puentes, puertas de plazas, fosos y caminos cubiertos.

En todos estos casos, debe tenerse presente, sin embargo, que estas máquinas, aun cuando parecidas á las de artillería, no tienen su importancia ni su poder. A lo sumo, no son otra cosa sino compañías mecánicas de infantería y con la desventaja además de que carecen de la direccion individual en cada disparo y que no es tan rápido el cambio de direccion del fuego como se efectúa con las armas portátiles. Se deduce, por consiguiente, que el proyecto de no emplear estas armas sino á las distancias propias de la artillería, es enteramente absurdo, siendo probable que los límites que se hallen para su máximo efecto útil, estarán comprendidos entre 220 y 480 metros.

Sobre otro campo de batalla, especialmente en el mar, es indudable que tendrán tambien sus aplicaciones á veces muy importantes, pues con efecto, apenas se concibe otra proteccion mejor para los buques mercantes, contra los juncos de los piratas y los Pancos de los mares orientales, como uno ó dos de estos cañones: el efecto de una descarga bien dirigida con-

tra un bote lleno de gente, debe ser decisivo para impedir el abordaje, y sabido es que de realizarse este, cuantos se hallan á bordo del buque mercante quedan siempre en la situacion de un rebaño entre las garras de un tigre. Asimismo en los más fuertes y terribles combates entre buques de guerra, cuando se va á resistir el abordaje, ninguna otra arma puede ser más útil como auxiliar de las ya en uso, para barrer al enemigo en el momento en que intenta apoderarse de la cubierta ó cuando haya saltado ya en ella.

Por último, debemos confesar que no es precisamente en la forma de piezas de campaña y montadas sobre ruedas, como nos parece que debieran usarse esta clase de armas. Preparadas las ametralladoras para lanzar 19 ó 20 balas á lo sumo en una sola descarga, ó para que en vez de verificar á un tiempo todos los disparos lo ejecuten sucesivamente como rewolvers ó armas repetidoras, y dispuestas de manera que puedan transportarse á lomo siguiendo los movimientos de la caballería, parecerán mucho más propias ó adecuadas para su fácil manejo y movilidad, poderlas ocultar á la vista del enemigo y que su efecto sea más inesperado y destructor, que no cuando esa clase de armas haya de maniobrar como tal artillería de batalla, pudiendo ser vistas á grandísimas distancias. Sin embargo, para las operaciones defensivas á que ya antes hicimos referencia, el empleo de las ametralladoras debe hacerse montándolas en una especie de cureña; si bien nos atrevemos á dudar que el tipo de la de campaña, sin variacion alguna, sea la verdadera solucion.

Al terminar este artículo no vamos á detallar la cureña que nos pareceria mejor; pero sí diremos que para dar á la ametralladora un máximo de potencia, el montaje para el arma de múltiple cañon deberia ser tal, que la movilidad en la puntería y la rapidez en los giros y cambios de direccion, la aproximasen lo más posible al arma portátil de que se sirve el hombre.

El montaje de los pedreros que llevaban los buques del

tiempo de Nelson en la regala de la borda del combés, sería nuestro modelo con preferencia á la cureña de campaña, cuyos refinamientos en tornillos de ajuste y otros detalles, son enteramente inútiles para este objeto. La estremada precision en la puntería, lo mismo que un gran alcance, son en este caso condiciones enteramente innecesarias.

En comprobacion del interés que ha escitado esta arma, segun digimos al principio, traducimos el siguiente suelto que aparece en las columnas del *Mechanics' Magazine*, correspondiente al 6 de este mes:

«La ametralladora belga, cuya vista y descripcion dimos en nuestro último número, ha sido ensayada ayer en el interior del real arsenal de Woolwich, bajo la direccion del Mayor Fosbery: el efecto que produce dicha arma por la rapidez en el fuego, y su pretendida accion destructora, dícese que es comparable al de las granadas Shrapnells disparadas con piezas de campaña.» J. M. y L.

APARATO MAGNETO-ELECTRICO

PARA LA INFLAMACION

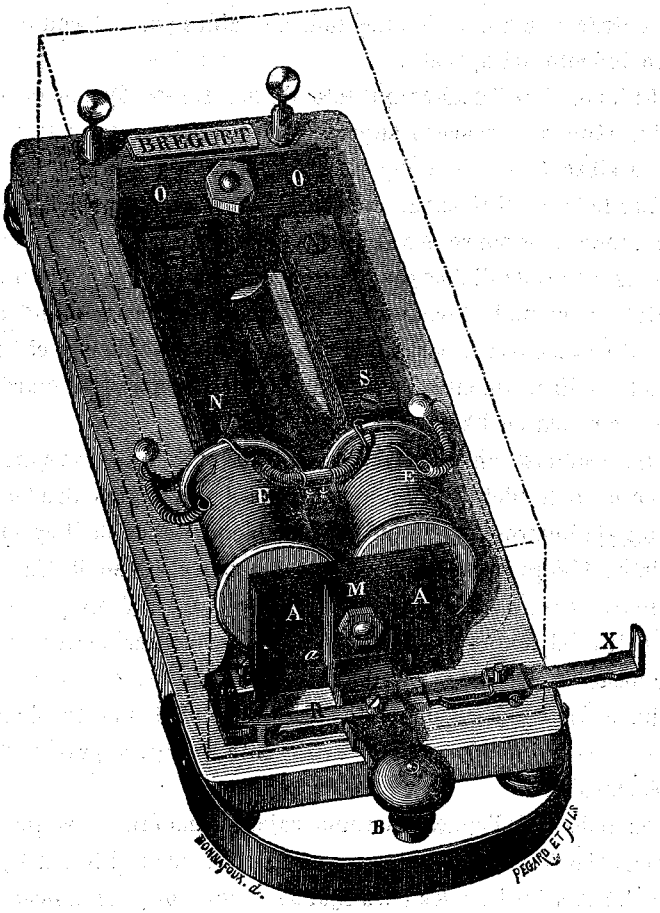
DE HORNILLOS DE MINA Y TORPEDOS.

Debemos á la atencion de Mr. L. Breguet, de París, los siguientes detalles de un aparato de su invencion para dar fuego á los hornillos por medio de la electricidad.

Las esperiencias hechas con dicho aparato por el Cuerpo de Ingenieros militares y la Marina en Inglaterra, y por los particulares en los barrenos de canteras, desmontes, etc., serian suficientes para recomendarlo aun cuando se omitiese el nombre de su autor, cuya bien adquirida reputacion hacen inútil todo elogio.

El principio en que se funda el aparato que vamos á describir, es el de las corrientes eléctricas producidas por los imanes, cuyo descubrimiento se debe á Faraday.

La primitiva forma y dimensiones han sido modificadas repetidas veces por el autor á medida que la práctica ponia de relieve algun inconveniente.



Describiremos el último modelo, que nada deja que desear.

Consta de un iman *N O S* y dos bobinas *E E* colocadas en el estremo de las ramas de aquel. En contacto con los polos de estas bobinas hay una pieza *A A*, la cual puede separarse bruscamente de dichos polos por medio de la presion ejercida sobre un boton *B*. La pieza *A A* vuelve á su primera posicion obligada por un resorte y por la atraccion del iman.

Tal es en globo la disposicion adoptada, pero creemos deber entrar en algunos detalles indispensables para el completo conocimiento del aparato.

El iman *N O S* está compuesto de dos ramas formadas con varias láminas de acero superpuestas y ligados sus estremos por la pieza *O O*.

Las bobinas *E E* no van colocadas sobre las ramas del iman; están montadas sobre dos cilindros de hierro dulce atornillados á los estremos de dichas ramas. Esta disposicion es mucho más ventajosa, como lo haremos ver despues. Sobre estos cilindros, van atornilladas las caras de madera de las bobinas y el hilo arrollado directamente sin intermedio de cuerpo alguno aislador, como en las bobinas ordinarias.

En contacto con los estremos de estos cilindros, que constituyen los polos del iman, hay una pieza *A A* que gira alrededor de un eje horizontal *a*; unida invariablemente á ella, hay otra de laton *M B* terminada en un estremo por el boton *B*. Un resorte (invisible en la figura) obliga á la pieza *A A* á apoyarse en los polos del iman, y con el objeto de evitar accidentes, hay dispuesto un cerrojo ó pasador *X* que impide el movimiento de dicha pieza, y por consiguiente, que funcione el aparato, siendo necesario disponerlo como lo representa la figura para poder hacer uso de él.

El todo está dispuesto en una caja de madera, cuya forma indican las líneas de puntos, dejando al esterior el boton *B*, el pasador *X* y los botones para fijar el conductor y comunicacion con tierra.

El modo de funcionar el aparato, no puede ser más sen-

cillo; basta imprimir con la mano un movimiento brusco al boton *B* para producir una corriente instantánea en un sentido determinado; abandonándolo despues, se produce en el momento del contacto otra corriente tambien instantánea, pero de sentido contrario á la primera, lo cual puede comprobarse con el galvanómetro. La intensidad de la primera corriente depende de la mayor ó menor separacion de la armadura *A A*, siendo más intensa cuanto mayor es la separacion, pero siempre entre ciertos límites.

Para obtener del aparato el máximo efecto, es preciso que el movimiento impreso al boton *B* sea muy rápido, debiendo abandonarlo inmediatamente para que la segunda corriente sea tambien lo más intensa posible.

Si bien la intensidad de estas dos corrientes es muy grande, no es, sin embargo, suficiente para inflamar más de uno ó dos cebos, cuando más. El autor aprovecha la *extra-corriente*, con lo cual ha conseguido inflamar hasta cinco cebos y á distancias considerables.

Se ha dado el nombre de *extra-corriente* á la corriente instantánea producida en un circuito en el momento de su ruptura, por la induccion de la corriente que pasaba por el circuito.

En el aparato que nos ocupa, la produccion de corriente dura lo que el movimiento de la armadura *A A*; pero cuanto más lento sea este movimiento, menor será la intensidad de la corriente producida.

En la figura puede verse una lámina de acero que sirve para utilizar la *extra-corriente*. La lámina *R*, llevada por la pieza *A B*, se apoya por su estremo en el tornillo *v*; durante una parte del movimiento de la armadura, el resorte *R* continúa apoyado en el tornillo *v*, pero al fin del movimiento se separa; los dos estremos del hilo de las bobinas están unidos, uno al muelle *R* y otro al tornillo *v*; por consiguiente, mientras haya contacto entre estas dos piezas, el circuito está cerrado y nada se manifiesta.

Al hacer funcionar el aparato veamos lo que sucede: la pieza *A A* al separarse produce una corriente como ya hemos dicho, pero al mismo tiempo el resorte *R* se separa de *v*, el circuito se rompe y la *extra-corriente* producida por la corriente anterior viene á sumarse á ella, aumentando de este modo su intensidad.

Una vez descrito el aparato hagamos ver que en él se repite la esperiencia de Faraday, que como digimos al principio es el fundamento.

Faraday observó que introduciendo bruscamente un iman en el interior de una bobina se producia una corriente en el hilo de esta, y que al retirarlo se producia otra de sentido contrario.

Ahora bien, en el aparato de que nos ocupamos, la armadura *A A* está en contacto con las superficies polares del iman; los polos (que como sabemos no están nunca en los estremos) se hallan muy próximos á dicha pieza: en el momento en que se verifica la separacion, dichos polos se alejan en sentido contrario al en que lo verifica la pieza *A A*, lo cual se comprueba presentando al costado del iman una aguja imantada que indica próximamente la situacion del polo verdadero.

Al alejarse los polos de los estremos en que están montadas las bobinas, el efecto producido es el mismo que si todo el imán se separase de dichas bobinas y como este alejamiento es tan rápido como el movimiento que lo produce, las condiciones son las mismas que la esperiencia á que nos referimos.

La disposicion adoptada por Mr. L. Breguet está perfectamente entendida.

La colocacion de los cilindros de hierro dulce en los estremos de las ramas del iman es muy ventajosa, pues permite arrollar mayor cantidad de hilo en las bobinas sin aumentar el volúmen; al mismo tiempo la distancia entre el hierro y el hilo inducido es menor, verificándose de este modo que el movimiento de los polos es más considerable.

Las dimensiones son las siguientes: longitud $0^m,40$, anchura $0^m,20$ y altura $0^m,13$.

El modelo ordinario que puede inflamar hasta cinco cebos pesa 7'500 kilógramos.

Es el aparato magneto-eléctrico más sencillo que se conoce. En todos los de este género se necesitan imprescindiblemente un iman, una armadura y una bobina, de cuyos tres elementos por lo menos uno debe ser móvil. En este aparato la pieza móvil es la más sencilla y pequeña, lo cual es una garantía de que no está espuesto á descomponerse como sucede generalmente. El iman no puede debilitarse con el tiempo, puesto que la armadura está siempre en contacto con sus estremos.

La distancia á que puede funcionar es inmensa; en 1868 el autor ha inflamado desde Paris cebos dispuestos en Rouen, valiéndose de una línea telegráfica de 120 kilómetros; en 1869 Mr. R. F. Michel repitió la esperiencia en mayor escala, disparando desde Paris hornillos dispuestos en Burdeos (585 kilómetros).

Tales son las ventajas que presenta el aparato Breguet, del cual la figura cuyo cliché nos ha remitido el autor, dá una idea exacta.

El Cuerpo de Ingenieros militares inglés y la Marina lo emplean para la inflamacion de hornillos y torpedos; los resultados obtenidos han sido satisfactorios, por lo que no dudamos seria muy útil su adopcion en el Cuerpo.

J. DE LA F.

PARTE OFICIAL.

Orden de 21 de Julio de 1869, facultando á los Generales y Brigadieres de Ingenieros para usar la casaca del Cuerpo en los dias de gala y solemnidades.

Ministerio de la Guerra.=Núm. 21.=Excmo. Sr.:=Conformándose el Regente del Reino con las razones espuestas por V. E. en comunicacion de veintiocho de Junio último, se ha servido facultar á los Generales y Brigadieres de Ingenieros que sean ó hayan sido promovidos á la segunda de esta clase, para el uso de la suprimida casaca en el Cuerpo, y pantalon de franja de plata, tanto en los dias de gala y solemnidades, como en otros actos análogos, sustituyéndose en la dicha primera prenda por todos los de las mencionadas clases, las iniciales de las hombreras por la espada y el baston en forma de aspa.=De órden de S. A. lo digo á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes. Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid, 21 de Julio de 1869.=Prim.=Sr. Ingeniero General.=Es copia.